

N°89



**LES ZONES HUMIDES ET
LA RESSOURCE EN EAU**

GUIDE TECHNIQUE

LES ZONES HUMIDES ET LA RESSOURCE EN EAU

COMMENT SE PROCURER LE GUIDE ET LE CD-ROM ?

C'est pour répondre aux attentes des gestionnaires que les Agences de l'Eau proposent un guide sur les « zones humides et la ressource en eau ». Il présente une synthèse des connaissances sur les zones humides et propose un ensemble de techniques à mettre en œuvre pour contribuer à une meilleure gestion de leur rôle fonctionnel et patrimonial.

Ce guide, qui existe sous forme imprimée (au prix de 22 €) et en CD-Rom, est disponible auprès des organismes ci-dessous.

Agence de l'Eau Adour-Garonne
 90, rue du Férétra
 31078 TOULOUSE CEDEX 4
 Tél. : 05 61 36 37 38
 Fax : 05 61 36 37 28

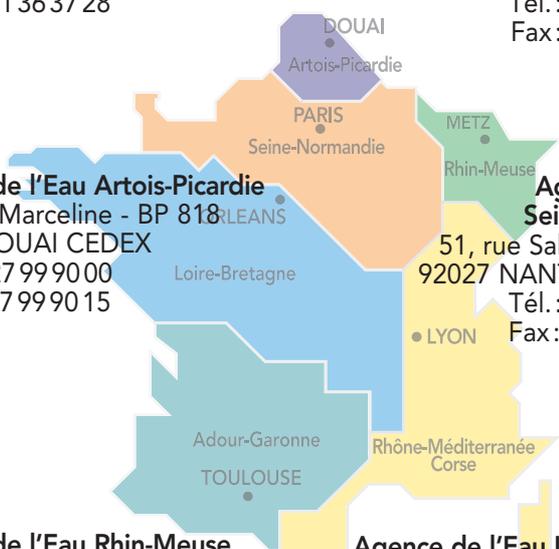
Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse
 2-4, allée de Lodz
 69363 LYON CEDEX 07
 Tél. : 04 72 71 26 00
 Fax : 04 72 71 26 01

Agence de l'Eau Artois-Picardie
 200, rue Marceline - BP 818
 59508 DOUAI CEDEX
 Tél. : 03 27 99 90 00
 Fax : 03 27 99 90 15

Agence de l'Eau Seine-Normandie
 51, rue Salvador Allende
 92027 NANTERRE CEDEX
 Tél. : 01 41 20 16 00
 Fax : 01 41 20 16 09

Agence de l'Eau Rhin-Meuse
 Route de Lessy-Roziérieulles
 BP 30019
 57161 MOULINS-LES-METZ CEDEX
 Tél. : 03 87 34 47 00
 Fax : 03 87 60 49 85

Agence de l'Eau Loire-Bretagne
 Avenue Buffon
 BP 6339
 45063 ORLÉANS CEDEX 2
 Tél. : 02 38 51 73 73
 Fax : 02 38 51 74 74



SITES INTERNET POUR EN SAVOIR PLUS



LES ZONES HUMIDES ET LA RESSOURCE EN EAU



GUIDE TECHNIQUE

Directeur de la publication

Bernard Baudot

Coordination de l'étude

Agence de l'Eau Seine-Normandie
BURGÉAP

Aïcha Amezal
Dominique Fougeirol

Groupe de Pilotage interagences

Agence de l'Eau Adour-Garonne
Agence de l'Eau Artois-Picardie
Équipe Pluridisciplinaire Loire Grandeur Nature
Agence de l'Eau Rhin-Meuse
Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse
DIREN Île-de-France
Ministère de l'Aménagement du Territoire
Et de l'Environnement

Dominique Tesseyre
Estelle Lesueur
Lucien Maman
Phillipe Goetghebeur
Nathalie Saur
Jean-Phillipe Sible
Fabrice Martinet

Conception et élaboration du guide

Groupement BURGÉAP, Jean-Louis Michelot, ACER CAMPESTRE, Ars Médias

Rédaction des fiches

BURGÉAP

Consultant en environnement
ACER CAMPESTRE - Lierdeman Consultants

Catherine Foisil
André Durbec
Dominique Fougeirol
Jean-Louis Michelot
Alain Morand

Conseil en communication

Ars Médias

Patrick Demeyer

Mise en page

Ars Médias

Michaël Krawczyk

Illustrations

Dessins

Guy Comte



COMMENT NAVIGUER DANS CE GUIDE

EDITORIAL

INTRODUCTION

ZONES HUMIDES : TYPOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES

LES FONCTIONS DES ZONES HUMIDES

LES MENACES ET ATTEINTES

DES STRATÉGIES POUR LES ZONES HUMIDES

DES ACTIONS À METTRE EN ŒUVRE

SUIVI D' ACTIONS

LES FICHES DE CAS

ANNEXES

COMMENT SE PROCURER CE CD-ROM ET LE GUIDE
ADRESSES DES AGENCES DE L'EAU

CONCEPTION ET RÉALISATION

QUITTER

ZH

F

M

ST

A

S

K





COMMENT NAVIGUER DANS CE GUIDE

Pour vous déplacer dans ce guide, vous avez en haut et en bas de chaque page des éléments interactifs (boutons). Lorsque vous survolez ces éléments avec le curseur (une petite main), celui-ci change d'aspect. En cliquant, vous passez à une autre page. Vous retrouvez le même principe pour les pages *sommaire-général* et *sommaire de chapitre* où lorsque vous placez votre curseur sur les titres, celui-ci change d'aspect. En cliquant sur chaque titre, vous passez à la page concernée.

Les différents boutons :

- Pour aller à la page suivante 
- Pour aller à la page précédente 
- Pour aller au sommaire-général de ce guide **SOMMAIRE**
- Pour aller au sommaire d'un chapitre **DÉBUT CHAPITRE**
- Pour quitter :

En bas de chaque sommaire, cliquer sur le mot QUITTER.



- Pour zoomer dans la page (raccourcis clavier) :
 - agrandir la page à l'écran, touches :
 - sur PC : "ctrl" et "+"
 - sur Macintosh : "⌘" et "+"
 - réduire la page à l'écran, touches :
 - sur PC : "ctrl" et "-"
 - sur Macintosh : "⌘" et "-"

Pour vous déplacer dans la page agrandie, faites glisser la souris en gardant le doigt appuyé sur le bouton. Le curseur  change d'aspect .





Les temps sont révolus où les zones humides étaient considérées comme des lieux insalubres ou inutiles. Elles sont reconnues aujourd'hui comme des milieux irremplaçables. En effet, elles constituent un patrimoine naturel d'exception caractérisé par une extrême diversité biologique, milieux de vie de nombreuses espèces animales et végétales au bénéfice de l'ensemble du bassin versant. En outre, elles contribuent à une gestion équilibrée de la ressource en eau en favorisant l'autoépuration des eaux souterraines et superficielles, la prévention des inondations et la réalimentation des nappes. Ces fonctions leur confèrent, en plus de leur valeur patrimoniale, une valeur économique forte au service de la collectivité. Ces milieux peuvent être considérés à ce titre comme des « infrastructures naturelles ». Mais les zones humides sont fragiles et continuent à régresser. La moitié des zones humides ont disparu en 30 ans. Leur destruction systématique les place aujourd'hui parmi les milieux naturels les plus menacés.

Au début des années 1990, une prise de conscience générale incite à une plus grande reconnaissance de ces milieux. Tout d'abord, la loi sur l'eau leur donne une définition juridique et une valeur d'intérêt général. Parallèlement, l'instance d'évaluation des politiques publiques en matière de zones humides est lancée et débouche sur le rapport du préfet Paul Bernard. Ce dernier publié en 1994 montre l'ampleur de la régression des zones humides, à la fois en surface, en qualité et en fonctionnalité et en attribue, pour l'essentiel, la responsabilité aux politiques publiques sectorielles. C'est pourquoi, en concertation avec les autres ministères, le Ministère de l'Environnement a proposé un plan d'action pour les zones humides, adopté par le gouvernement le 22 mars 1995. Ce plan, marque la volonté d'agir pour arrêter la dégradation de ces milieux, favoriser leur reconquête et garantir par une gestion adaptée, leur pérennité.

De nombreuses actions ont été engagées pour mieux comprendre le fonctionnement des zones humides dans le cadre du Programme National de Recherche (PNRZH), pour développer des outils de suivi (Observatoire National des Zones Humides), et pour réviser les politiques publiques défavorables. Un des enjeux forts de ce plan est de bien faire connaître et reconnaître la valeur de ces milieux





par les décideurs, les usagers et leurs conseils. Les Agences de l'Eau, dont la mission est de protéger la ressource en eau, participent activement à la mise en œuvre des différentes mesures du Plan d'Action. Conscientes de la valeur patrimoniale des zones humides, et de leur rôle vis-à-vis de la ressource en eau, elles ont toutes engagé des politiques de sauvegarde de ces milieux, notamment dans le cadre des SDAGE. Dans le cadre de leurs programmes et actions, elles apportent un appui technique et financier aux maîtres d'ouvrages locaux chargés de la gestion et de la conservation de ces milieux.

C'est dans ce contexte que les Agences de l'Eau proposent aujourd'hui un guide technique destiné aux gestionnaires (services techniques de l'État, collectivités territoriales, associations...).

Ce document a un double objectif : d'une part, il établit une synthèse des connaissances en matières de zones humides (fonctionnement, services rendus...) et d'autre part, il propose tout un ensemble de techniques et de modes de gestion à mettre en œuvre localement en fonction des enjeux de conservation ou des problématiques. Il apporte sa contribution à l'objectif d'une meilleure gestion des zones humides en vue de préserver les fonctions naturelles liées à la ressource en eau comme l'écrêtement des crues, l'autoépuration des eaux, mais aussi leur valeur patrimoniale. Il trouve sa place parmi les autres documents déjà édités sur le même sujet qu'il complète par son caractère plus opérationnel en terme de gestion des zones humides.

Issu de l'initiative des Agences de l'Eau, ce guide doit contribuer à une meilleure prise en compte de ces milieux dans les politiques d'aménagement et à l'émergence d'actions d'envergure ou locales pour la reconquête des zones humides. Il permettra ainsi d'afficher des ambitions significatives pour les années à venir et notamment dans le cadre du VIII^e programme des Agences.

Paul Baron

Coordinateur du Plan d'Action pour les zones humides

Bernard Baudot

Directeur de l'Eau





PRÉSERVER LES ZONES HUMIDES ET LA RESSOURCE EN EAU



Photo RMC

Les zones humides contribuent à une gestion équilibrée de la ressource en eau.

UNE PRISE DE CONSCIENCE RÉCENTE

LES ZONES HUMIDES JOUENT UN RÔLE CONSIDÉRABLE

Les terres humides ont été et sont encore victimes d'une mauvaise réputation héritée du passé et d'une méconnaissance de leurs fonctions. Mis en culture ou asséchés, plus de la moitié des marais, tourbières, et prairies inondables ont disparu ces trente dernières années.

Pourtant, les zones humides constituent un patrimoine naturel d'exception caractérisé par une extrême diversité biologique. En outre, elles contribuent à une gestion équilibrée de la ressource en eau en favorisant l'autoépuration, la prévention des inondations et la réalimentation des nappes.

Aujourd'hui, de nombreux gestionnaires sont conscients de l'importance des zones humides; ils souhaitent disposer de données pour mieux les protéger, les gérer, les valoriser. Ils sont à la recherche d'informations actualisées, de conseils et d'outils pratiques d'aide à la gestion.

UN GUIDE À L'USAGE DES GESTIONNAIRES

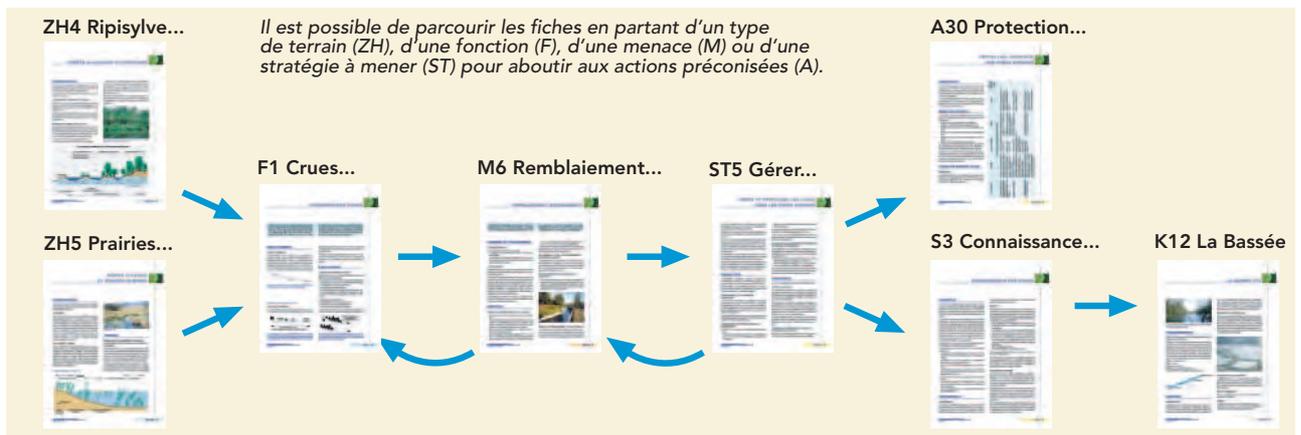
UNE NAVIGATION INTERACTIVE

C'est pour répondre aux attentes des gestionnaires que les Agences de l'Eau proposent un guide sur « Les zones humides et la ressource en eau ». Il présente une synthèse des connaissances sur les zones humides et propose un ensemble de techniques à mettre en œuvre pour contribuer à une meilleure gestion de leur rôle fonctionnel et patrimonial.

Ce guide ne peut être exhaustif, mais il répond aux questions les plus fréquemment posées à l'aide d'une centaine de fiches pratiques : typologie, fonctions, menaces, actions, suivi. Le gestionnaire peut consulter directement une fiche, puis circuler de fiche en fiche pour approfondir les aspects qui l'intéressent. Pour ce faire, chaque fiche est référencée, par exemple « ZH5 » pour les « marais fluviaux et prairies humides » et le renvoi vers cette fiche est indiqué par un exposant^{ZH5}.

Par exemple :

- Typologie « ZH » : Un gestionnaire peut vérifier que la zone humide concernée correspond bien à une prairie de type alluvial^{ZH5}, bordée d'une ripisylve^{ZH4}
- Fonctions « F » : Il voit qu'elle joue un rôle important, notamment dans le ralentissement et l'expansion des crues^{F1}.



PRÉSERVER LES ZONES HUMIDES ET LA RESSOURCE EN EAU



Photo A. Marinand

Les zones humides favorisent une grande diversité biologique.

- Menaces « M. » : Il constate qu'un projet de remblaiement^{M6} pour une mise en culture peut entraîner un risque d'inondation à l'aval.
- Action « A » et stratégie « ST » : Une stratégie de gestion des crues^{ST5} est proposée ainsi que des actions administratives et réglementaires^{A30}.
- Suivi « S » : La fiche Connaissance des crues^{S3} présente les méthodes pour collecter des informations utiles pour mieux connaître les crues (surface, durée, débit) et par conséquent définir des priorités d'actions.

- Étude de cas « K » : À partir d'études de cas comme celui de La Bassée^{K12}; il constatera que des études plus fines seront nécessaires pour évaluer l'impact des actions menées.

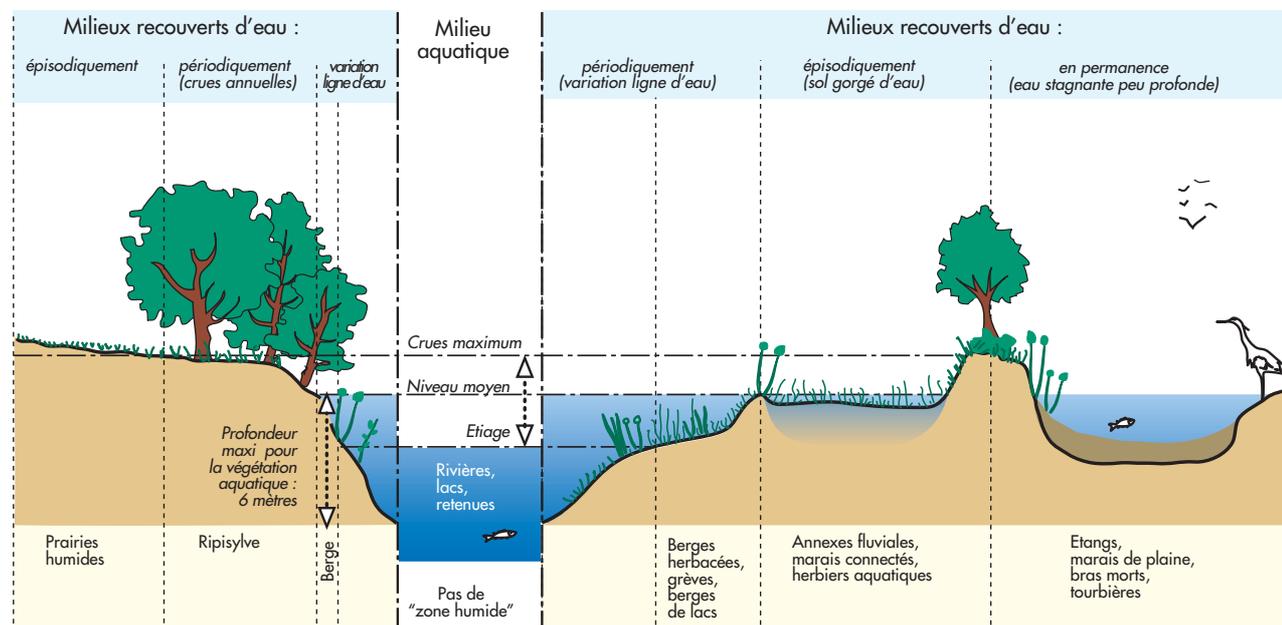
Le gestionnaire peut également entrer dans le guide par une autre rubrique comme les menaces et atteintes qu'il aura constatées et remonter les fiches pour se laisser guider vers les causes et vers les recommandations appropriées.

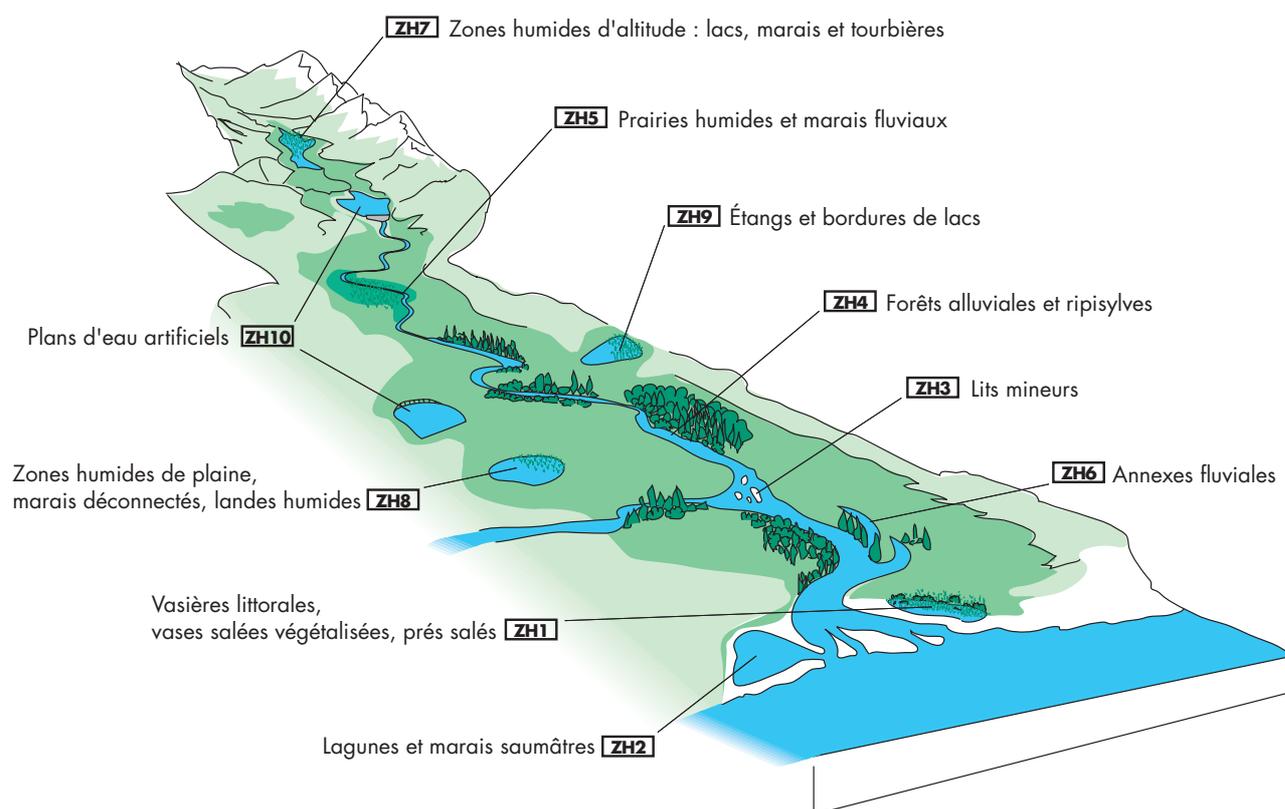
Des études de cas lui donnent des exemples concrets. Une bibliographie et un glossaire lui sont également proposés.

SIX TYPES DE FICHE POUR CONNAÎTRE, GÉRER ET PRÉSERVER

TYPOLOGIE ET CARACTÉRISATION DES ZONES HUMIDES

Le terme « zone humide » recouvre une grande variété de situations et de caractéristiques. La loi sur l'eau de janvier 1992 précise que « ce sont des terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». Les zones humides sont donc des interfaces, des espaces de transition entre le milieu terrestre et les eaux superficielles ou marines.





C'est l'alternance de périodes où le sol est inondé puis exondé qui favorise l'exubérance végétale et la grande richesse biologique des zones humides. Leurs particularités tiennent à la plus ou moins grande permanence de l'eau, au battement du niveau de l'eau, aux flux souterrains, aux communications avec la nappe, la rivière ou la mer (voir schéma page suivante).

Les zones humides se distinguent par la nature de leur eau (douce, saumâtre ou salée), leur régime hydrique (eau courante ou stagnante) ou leur contexte géographique (en altitude, liée au cours d'eau, etc.). De nombreuses zones humides ont ainsi été inventoriées et portent souvent des noms locaux : schorr, slikke, boire, lône, giessen...

Après analyse de la typologie SDAGE-SAGE, dix types de zones humides ont été retenus dans le guide pour leurs fonctions élémentaires pour la ressource en eau. Le tableau de la page suivante montre de quelle manière les regroupements ont été effectués.

Dans les fiches « ZH », le gestionnaire peut identifier le type de zone humide concerné grâce à ses caractéris-

tiques. Il peut aussi connaître d'une manière résumée ses usages, les principales fonctions qu'elle assure et les menaces qui pèsent sur elle. Les enjeux de gestion y sont abordés brièvement.

Ces dix fiches sont le point de départ vers les fiches détaillées (fonctions, menaces, actions, suivi, études de cas).

FONCTIONS DES ZONES HUMIDES

Les zones humides jouent un rôle essentiel pour la ressource en eau : elles contribuent à la régulation hydraulique, à l'amélioration de la qualité des eaux et maintiennent un écosystème d'une grande diversité. Ces fonctions sont détaillées en huit fiches « F » qui permettent au lecteur de les évaluer pour une zone donnée. Les dysfonctionnements et les atteintes qui menacent ces fonctions ainsi que des actions préventives et curatives y sont présentés brièvement, laissant le lecteur libre d'approfondir ces thèmes dans des fiches spécialisées (menaces, actions, suivis).



MENACES OU ATTEINTES

De nombreuses menaces pèsent sur les zones humides, souvent provoquées par des interventions humaines : le drainage, la mise en culture, les équipements et aménagements en font disparaître des surfaces importantes chaque année; l'augmentation de la pollution sature leur capacité d'autoépuration; l'humidité indispensable aux plantes hygrophiles est perturbée par des changements de régime hydraulique : submersion et battement insuffisants, abaissement du niveau de la nappe...

Dix fiches détaillent l'origine, le processus et l'impact de ces menaces; une description succincte des actions préventives et curatives permet de s'orienter en connaissance de cause vers les fiches « Actions » adéquates.



Photo P. Demyer

Tourbière exploitée dans le marais de St Gond. La moitié des zones humides a disparu en trente ans.

STRATÉGIES D'ACTIONS

Les fiches « Actions » sont des aides à la décision à adapter à chaque cas par le gestionnaire. C'est pourquoi les actions sont placées dans le cadre de huit stratégies (ST) qui s'attachent à clarifier des objectifs :

- Préserver l'intégrité physique
- Gérer de façon concertée la dynamique fluviale
- Restaurer l'humidité
- Remettre en eau les annexes fluviales
- Gérer et restaurer les crues
- Améliorer la qualité des eaux
- Contrôler les successions végétales
- Renaturer les terrains dégradés

ACTIONS ET MESURES OPÉRATIONNELLES



L'intervention de l'homme est souvent indispensable pour lutter contre l'envahissement d'espèces exotiques ou des successions végétales non souhaitées.

Trente-trois actions sont décrites dans cette partie avec leur mise en œuvre et des références techniques. Elles sont regroupées en 6 catégories :

- Gestion et restauration de la dynamique des cours d'eau (reméandrage, embâcles...)
- Gestion de l'eau (débits, pompages, décolmatage...)
- Atténuation des impacts des aménagements (profilage de berges, bassins de crues...)
- Gestion de la végétation et de la faune (bandes enherbées, boisement artificiel...)
- Actions réglementaires ou juridiques
- Gestion du public.

SUIVI DE L'EFFICACITÉ DES ACTIONS

Pour s'assurer du bien-fondé des actions entreprises, dix fiches techniques présentent des moyens de suivi et des méthodes d'évaluation. Elles détaillent la manière de concevoir un programme de « suivi pertinent » pour améliorer la connaissance de la zone et évaluer son évolution.

DES ÉTUDES DE CAS

Les gestionnaires ressentent souvent le besoin de confronter leur situation avec des expériences présentant des caractéristiques similaires et dont ils peuvent tirer des enseignements. Douze cas ont été retenus pour leur représentativité (typologie, bassin) et leur exemplarité dans les démarches. Certains cas offrent des résultats concrets obtenus.





PRÉSERVER LES ZONES HUMIDES ET LA RESSOURCE EN EAU



Liste des fiches

ZONES HUMIDES : TYPOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES

ZH1	Vasières et prés salés, vases salées végétalisées
ZH2	Lagunes et marais saumâtres
ZH3	Lits mineurs
ZH4	Forêts alluviales et ripisylves
ZH5	Marais fluviaux et prairies humides
ZH6	Annexes fluviales
ZH7	Zones humides d'altitude : lacs, marais, tourbières
ZH8	Zones humides de plaine : marais déconnectés, tourbières et landes humides
ZH9	Étangs, mares, bordures de lacs
ZH10	Plans d'eau artificiels

LES FONCTIONS DES ZONES HUMIDES

F1	Expansion des crues
F2	Régulation des débits d'étiage
F3	Recharge des nappes
F4	Recharge du débit solide des cours d'eau
F5	Régulation des nutriments
F6	Rétention des toxiques (micropolluants)
F7	Interception des matières en suspension
F8	Patrimoine naturel

LES MENACES ET ATTEINTES

M1	Pollution, eutrophisation
M2	Prélèvements excessifs
M3	Incision et stabilisation des cours d'eau
M4	Sédimentation, colmatage
M5	Mise en retenue
M6	Remblaiement, endiguement
M7	Extraction de matériaux
M8	Abandon des activités traditionnelles et intensification
M9	Prolifération d'espèces exotiques

DES STRATÉGIES POUR LES ZONES HUMIDES

ST1	Préserver l'intégrité physique
ST2	Gérer de façon concertée la dynamique fluviale
ST3	Restaurer l'humidité
ST4	Remettre en eau les annexes fluviales
ST5	Gérer et restaurer les crues
ST6	Améliorer la qualité des eaux
ST7	Gérer la dynamique des écosystèmes et des peuplements
ST8	Renaturer les terrains dégradés

DES ACTIONS À METTRE EN ŒUVRE

A1	Préservation de l'espace de liberté des cours d'eau
A2	Reméandrage
A3	Gestion intégrée du lit mineur
A4	Gestion des embâcles
A5	Relèvement des débits réservés
A6	Seuil en rivière
A7	Fermeture de drains dans les marais et tourbières
A8	Relèvement de la nappe
A9	Préserver l'intégrité physique
A10	Réalimentation gravitaire d'annexes fluviales
A11	Recreusement de bras fluviaux
A12	Décolmatage des fonds et des berges des annexes fluviales

DES ACTIONS À METTRE EN ŒUVRE (SUITE)

A13	Création de vasières littorales
A14	Restauration du lit majeur
A15	Gestion des rejets
A16	Réaménagement des carrières en eau
A17	Profilage des berges d'étangs ou plans d'eau
A18	Entretien et curage des étangs
A19	Restauration des berges des canaux et retenues
A20	Bassins de rétention des crues
A21	Mise en place de dispositifs enherbés
A22	Gestion des zones humides et pâturage extensif
A23	Fauche mécanique et débroussaillage
A24	Gestion des roselières
A25	Renaturation des boisements artificiels
A26	Renaturation de terres cultivées
A27	Végétalisation des terrains remaniés
A28	Lutte contre les espèces exotiques
A29	Gestion raisonnée de la démoustication
A30	Protection juridique des zones humides
A31	Mesures agri-environnementales (CTE)
A32	Gestion de la fréquentation
A33	Signalétique

SUIVI D'ACTIONS

S1	Morphologie, bathymétrie
S2	Mesures de débits
S3	Connaissance des crues
S4	Mesures de niveaux
S5	Prélèvements d'eau
S6	Physico-chimie des eaux
S7	Caractérisation des rejets
S8	Suivi hydrobiologique
S9	Suivi faune et flore
S10	Occupation du sol

FICHES DE CAS

K1	Étang de l'OR
K2	Drugeon
K3	Marais Audomarois
K4	Baie de Somme
K5	Val d'Allier
K6	Basses vallées angevines
K7	Barthes de l'Adour
K8	Le Bas Armagnac
K9	Ried du Rhin
K10	Vallée alluviale de la Moselle
K11	Le Der
K12	La Bassée





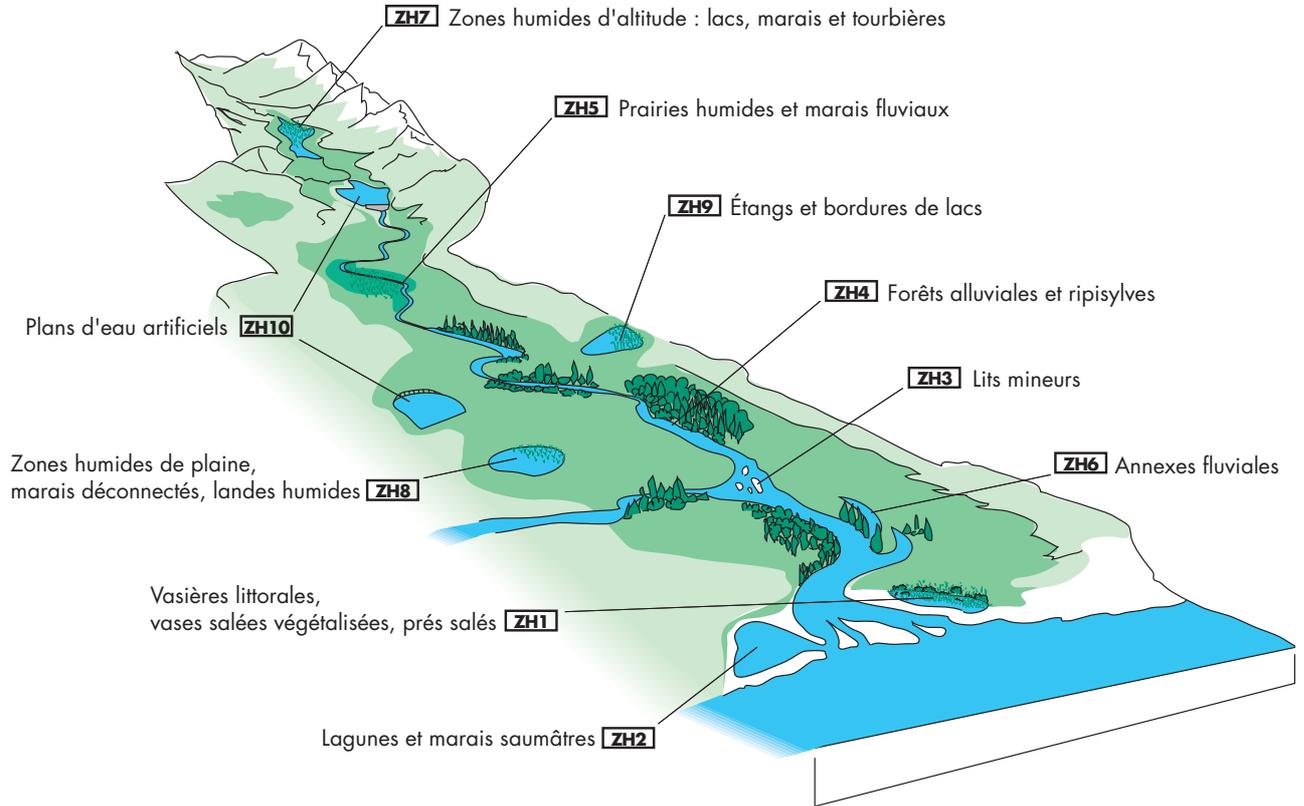
ZONES HUMIDES: TYPOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES

SOMMAIRE

- ZH1 VASIÈRES ET PRÉS SALÉS, VASES SALÉES VÉGÉTALISÉES
- ZH2 LAGUNES ET MARAIS SAUMÂTRES
- ZH3 LITS MINEURS
- ZH4 FORÊTS ALLUVIALES ET RIPISYLVES
- ZH5 MARAIS FLUVIAUX ET PRAIRIES HUMIDES
- ZH6 ANNEXES FLUVIALES
- ZH7 ZONES HUMIDES D'ALTITUDE : LACS, MARAIS, TOURBIÈRES
- ZH8 ZONES HUMIDES DE PLAINE : MARAIS DÉCONNECTÉS,
TOURBIÈRES ET LANDES HUMIDES
- ZH9 ÉTANGS, MARES, BORDURES DE LACS
- ZH10 PLANS D'EAU ARTIFICIELS

QUITTER





Localisation des zones humides dans le bassin versant





VASIÈRES ET PRÉS SALÉS, VASES SALÉES VÉGÉTALISÉES

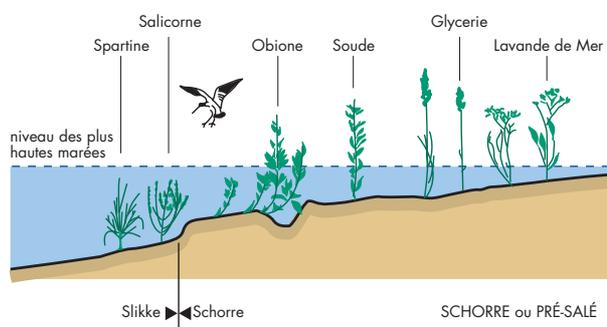


DESCRIPTION

VASIÈRE ET PRÉ SALÉ

Une vasière est une surface littorale ou sous-marine, recouverte de vase, alternativement couverte et découverte par les marées. Depuis les niveaux inférieurs, proches de l'eau jusqu'à des zones surélevées (cf. figure), la vasière est constituée des différents milieux suivants :

- le slikke* (du néerlandais slijk boue), partie la plus basse de la vasière, inondée à chaque marée haute. Le sédiment fin limono-argileux est mou en surface du fait de son humidité quasi-permanente et dépourvu de végétaux supérieurs sauf épars. Seules des diatomées (algues microscopiques) s'y développent en lui donnant une teinte bleuâtre ou verdâtre.
- le schorre* (du néerlandais schor pré salé) succède au slikke par élévation topographique suite aux dépôts successifs. Le schorre représente de vastes surfaces de végétation halophile* (aimant le sel) recouvertes lors des fortes marées.



VASE SALÉE VÉGÉTALISÉE OU SANSOIRE*

Les vases salées végétalisées ou sansouires constituent un paysage entre mer et lagune avec végétation basse, au sol argileux et craquelé en été, inondé l'hiver. Les salicornes buissonnantes, adaptées à ces sols très salés, constituent l'essentiel de la végétation verdoyante en touffes éparses.

LOCALISATION ET GENÈSE

Ces milieux se trouvent localisés sur les sites modelés par la dynamique marine comme les rives des estuaires, les fonds de baies et les surfaces périodiquement inondables de la façade méditerranéenne ou atlantique. La genèse de ce type de zones humides résulte du colmatage par des sédiments fins lié aux mouvements de l'eau. Ceux-ci peuvent être latéraux (marées) ou verticaux (mouvements de la nappe souterraine, précipitations en région méditerranéenne).



La sansouire nommée parfois « engane » est le paysage typique de la Camargue.

SUR LA FAÇADE ATLANTIQUE, DES MILIEUX SOUMIS À L'ACTION DES MARÉES.

La caractéristique essentielle des vasières et prés salés de la façade océane est d'être soumis au flux et au reflux de l'océan et plus ou moins recouverts d'eau selon l'amplitude des marées.

SUR LA FAÇADE MÉDITERRANÉENNE, UN CONFLIT ENTRE EAU DOUCE ET EAU SALÉE.

Les sansouires sont liées à la lutte perpétuelle que se livrent ici eau douce et eau salée. Dans les milieux humides méditerranéens, les marais saumâtres sont constitués d'associations halophiles se développant sur des sols dont la nature est liée à la présence à faible profondeur d'une nappe aquifère. L'inondation périodique de vastes surfaces peu profondes est la caractéristique essentielle de ces milieux. L'évaporation entraîne un accroissement de la salinité des eaux superficielles. Dans les régions côtières, comme sous les deltas fluviaux, les aquifères* d'eau douce peuvent coexister avec les aquifères* d'eau salée. Si l'eau salée s'infiltré dans ces aquifères* d'eau douce, les nappes souterraines deviendront elles aussi salées et impropres à la consommation humaine.

USAGES

UNE PRODUCTIVITÉ VÉGÉTALE PRIMAIRE ÉLEVÉE

Les zones humides littorales, et en particulier les prés salés sont des milieux à forte productivité primaire qui s'explique par trois éléments :

- l'eau qui est omniprésente,
- les éléments nutritifs, en particulier l'azote et le phosphore





- apportés par les eaux douces provenant du continent,
- une forte énergie lumineuse qui pénètre l'ensemble du milieu de faible profondeur.

Quelques éléments de comparaison :

La production primaire de ces milieux peut être comparée en tonnes de matières sèches/ha/an à des cultures européennes à productivité élevée. Ainsi un champ de blé produit 12,5 t/ha/an, une rizière produit 14,5 t/ha/an, un champ de pommes de terre produit 8,4 t/ha/an, une prairie salée à Obione produit 20,7 t/ha/an soit entre 2 et 3 fois plus que ces cultures.

EXPLOITATION HALIEUTIQUE*, CHASSE ET GESTION PASTORALE DES MILIEUX

Plusieurs espèces animales présentent un intérêt économique considérable pour l'homme : moules, huîtres, crevettes, poissons, gibier d'eau.

Sur la façade atlantique, les prés salés servent de pâturage aux moutons, ce qui autorise les éleveurs à leur donner le label de « moutons de prés salés ». Sur la façade méditerranéenne, la sansouire* constitue le pâturage d'automne et d'hiver des chevaux et des taureaux camargue.



Photo A. Morand

Moutons élevés sur un pré salé (Normandie).

FONCTIONS

UNE CONTRIBUTION À LA RÉTENTION OU LA LIBÉRATION DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS.

La rétention des matières en suspension (MES) par les vasières est un phénomène de très vaste ampleur. Les données actuelles sont à considérer avec prudence car les vitesses d'accumulation et de dépôts sont variables en fonction des sites.

Certains milieux peuvent être assimilés à des « puits », mais d'autres à des « sources ». Les vasières et prairies salées produisent plus de matière organique qu'elles ne peuvent en stocker ou en dégrader. Elles exportent donc les excès qu'elles ne peuvent ni immobiliser ni transformer. Par contre, certains prés salés fonctionnent comme des « puits » vis à vis des éléments nutritifs. Il existe donc une très grande variabilité de situations et de fonctionnements de ces milieux.

Globalement, il a été estimé que la vitesse d'accumulation moyenne des MES dans les zones humides estuariennes, à l'échelle du globe, est comprise entre 0,20 et 0,40 centimètre par an tandis que l'accumulation moyenne des sédiments serait de l'ordre de 0,04 centimètre par an. Compte tenu de la diversité des sites, la comparaison entre ceux-ci reste peu significative (Fustec et Thibert, 1995). Bien qu'anciennes les estimations sur le littoral atlantique français sont les suivantes : Basse Gironde, dépôt de 2000000 t/an en moyenne, déposées pendant 40 ans; estuaire de la Loire : 1 900000 t/an environ; estuaire de la Seine : 1000000 tonnes de dépôts annuels.

UNE DIVERSITÉ ZOOLOGIQUE IMPORTANTE

Riche en faune, la vase est envahie à tous les niveaux par les bactéries, le phytoplancton et le zooplancton apportés par la marée. Elle est progressivement colonisée puis stabilisée par les végétaux (algues, phanérogames halophiles*). Les algues jouent un rôle important dans la fixation du substrat en retenant les sédiments dans le feutrage de leur thalle. Les spartines retiennent aussi la vase dans leurs racines. Dans la partie extrême de la slikke, les obionnes forment des peuplements denses auxquels se mêlent parfois les salicornes. Très courante à la base des prés salés, la lavande de mer (immortelle bleue ou statice) s'épanouit en colonies importantes. La slikke comme le schorre sont des terrains de prédilection pour les oiseaux qui y trouvent une nourriture abondante (vers, mollusques...) et une aire de repos, voire de nidification pour les migrateurs. Parmi les espèces les plus fréquentes, on observe des limnivores, ou filtreurs de vase, comme le chevalier gambette, le bécasseau, l'huîtrier pie, ainsi que diverses espèces de canards et d'oies.

LA SANSOUIRE VIT AU RYTHME DES SAISONS

Vaste étendue d'eau salée en hiver, vasière au printemps et en automne, désert aride et sursalé en été, la sansouire est trop changeante pour satisfaire les animaux sédentaires ou à faible mobilité. On y rencontrera essentiellement des oiseaux migrateurs et des grands mammifères (sanglier, renard). Les moustiques²⁹ abondent en période de mise en eau.





VASIÈRES ET PRÉS SALÉS, VASES SALÉES VÉGÉTALISÉES



MENACES ET ATTEINTES

DES MILIEUX EN PERPÉTUELLE ÉVOLUTION

Les apports continuels en sédiments de toutes sortes permettent aux terres de gagner sur la mer. À l'inverse, l'élévation du niveau des mers altère l'existence de ces milieux par un ennoisement de plus grande durée. Des tempêtes violentes peuvent aussi remodeler ces milieux par les phénomènes d'érosion.

AGRICULTURE INTENSIVE ET POLDÉRISATION

Parfois, les riverains interviennent directement en isolant de la mer certaines parties de ces terrains par des digues. Des polders* apparaissent ainsi; ils constitueront d'excellentes zones de culture. L'agriculture intensive entraîne aussi un surplus de matières organiques et de produits toxiques (pesticides, herbicides) qui sont pour partie emmagasinés par ces milieux ou rejetés à l'aval dans les eaux littorales. Ces apports entraînent des perturbations dans les chaînes alimentaires dont les niveaux supérieurs accumulent ces polluants⁹⁸.

BARRAGES, INFRASTRUCTURES LINÉAIRES ET AUTRES AMÉNAGEMENTS EN AMONT DES ESTUAIRES

Les milieux littoraux subissent les conséquences de nombreux projets de développements touristiques et industriels. Ces aménagements modifient les flux de matières organiques, notamment l'apport en matière en suspension par le comblement des chenaux profonds et le dépôt de déchets solides. Le dragage, l'endiguement et la canalisation des cours d'eau perturbent le dépôt des matières en suspension et modifient le fonctionnement des zones humides côtières en altérant leur réseau hydrologique.

Dans l'estuaire de la Canche (Pas de Calais), les 400 hectares de prés salés et de vasières produisent chaque année 4000 tonnes de biomasse végétale et 125 tonnes d'invertébrés (vers, coquillages, crustacés). Par le jeu des courants et des marées, une importante quantité de cette nourriture est exportée vers le large. L'influence de cette manne de nourriture se fait sentir sur une surface de 3400 hectares (34 km²). La construction d'un barrage empêcherait la diffusion de la production primaire des 400 hectares de vasières et prés salés de cet estuaire. Cela aurait pour conséquence une importante diminution des populations de crevettes grises ainsi qu'un manque à pêcher de 300 tonnes pour cette seule espèce, et un manque à gagner de 5,7 millions de francs.*

OBJECTIFS ET ACTIONS

PROTÉGER PAR DES RÉGLEMENTATIONS^{A30}

PROTÉGER LE RÉGIME D'INONDATION ET D'ASSÈCHEMENT

Ces milieux ont des équilibres fragiles. Il est fondamental de conserver le régime d'inondation et d'assèchement qui leur sont spécifiques. L'alternance saisonnière, liée aux précipitations, est de durée variable selon les années dans les sansouires* alors qu'elle dépend de la régularité journalière des marées sur la façade atlantique.

LIMITER LES APPORTS D'ENGRAIS, DE PESTICIDES ET DE MATIÈRES ORGANIQUES^{M1}

Il s'agit :

- d'utiliser des produits phytosanitaires moins nocifs pour ces milieux.
- de favoriser la création de bassin de lagunage et de décantation (zone tampon)^{A27} entre ces milieux et les aménagements exutoires d'eaux polluées.

ENTREtenir GRÂCE À L'ÉLEVAGE EXTENSIF^{A22}

Les prés salés et les sansouires sont des terres traditionnelles de pâturage extensif. Différents types de grands herbivores (moutons, bovins, chevaux) limitent ainsi l'évolution spontanée de la végétation.

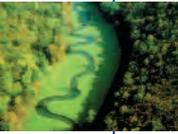


Les vaches Camargues accompagnées de Hérons Garde-bœuf constituent un élément typique du paysage des sansouires.

RESTAURER DES VASIÈRES^{A13}

Lorsqu'il n'est pas possible d'empêcher la destruction des vasières naturelles, il est envisageable de les restaurer voire de les recréer. Une condition nécessaire est l'existence d'une dynamique naturelle permettant leur pérennité à long terme (processus de rajeunissement régulier...).





Par exemple, dans l'estuaire de la Seine, des mesures compensatoires à la construction du pont de Normandie ont permis la création de vasières artificielles en 1990. Sans résoudre le problème plus général des vasières qui se situe à une autre échelle, ce type d'expérience est intéressant techniquement et scientifiquement. Une exportation de ces mesures dans d'autres grands estuaires européens comme celui de la Loire ou de l'Escaut est envisageable.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Bessinon C. 1991. La création de vasières artificielles dans l'estuaire de la Seine. Colloque Génie côtier/Génie civil, Nantes.

Jéquel N. & Rouve D., 1983. Marais, Vasières, Estuaires. Édit. DRAE Rennes. 62 p.

Pearce F., 1996. L'enjeu de l'eau. Conservation des zones humides méditerranéennes – numéro 5. Programme Medwet. Tour du Valat. 82 p.

Massoud Z. & Piboubès R., 1994. L'atlas du littoral de France. Éditions Jean-Pierre de Monza, Paris. 332 p.

ÉTUDES DE CAS :

K1 : Étang de l'Or

K4 : Baie de Somme





LAGUNES ET MARAIS SAUMÂTRES



DESCRIPTION

Les lagunes et les marais saumâtres sont des zones humides littorales naturelles. Leur forme et leur taille dépendent de l'importance de leur communication avec la mer.

LES LAGUNES

Les lagunes sont des étendues d'eau saumâtre (légèrement salées), peu profonde, en communication avec la mer ou isolées par un cordon littoral.

Le bilan hydrique d'une lagune dépend de trois facteurs :

- les apports d'eau douce (eau de pluie, eau de ruissellement et des cours d'eau),
- les apports marins qui sont fonctions du régime des vents et du régime des marées,
- les pertes par évaporation.

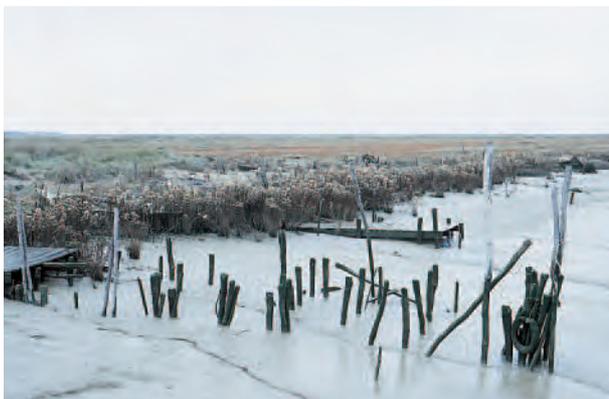


Photo A. Moreau

Marais saumâtre dans les Deux-Sevres.

LES MARAIS SAUMÂTRES

Contrairement aux vasières et prés salés²⁴¹, les marais saumâtres, situés en arrière de la zone d'estran, ne sont pas soumis à l'influence directe de la mer. Ils sont isolés par une barrière naturelle constituée par une dune ou un cordon de galets. L'eau de ces marais peut être douce. Néanmoins des apports d'eau salée se produisent parfois à l'occasion d'une tempête ou par infiltration sous le cordon.

Lagunes et marais d'eau saumâtre sont situés sur l'ensemble des façades maritimes françaises, mais leur représentation géographique est variable :

- sur la façade atlantique la présence de lagunes est relictuelle ;
- sur la façade méditerranéenne, l'espace littoral s'organise autour des lagunes. A titre d'exemple, les 200 kilomètres de côtes du Languedoc-Roussillon et de Provence où s'égrène le plus grand chapelet de lagunes de la mer

Méditerranée. Les lagunes sont généralement en contact direct avec la mer par des chenaux appelés « Grau ». Les marais saumâtres, de vastes dimensions, sont situés autour des lagunes ou éventuellement derrière le cordon de dunes côtières. Dans certains cas, ils peuvent être cependant situés à distance des côtes, loin de la mer s'ils sont alimentés par des nappes d'eau salée. Parmi ces marais saumâtres certains sont aménagés pour la production de sel.

USAGES

L'EXPLOITATION DU SEL : UNE TRADITION SÉCULAIRE

En France, le sel de mer représente aujourd'hui environ 10 % de la production destinée à l'alimentation humaine. Jadis très diffuse, cette activité est désormais regroupée en pôles industriels en Méditerranée (Aigues-Mortes et Salins-de-Giraud) ou bien elle reste artisanale sur l'atlantique (Guérande, Noirmoutier et Ré).

LA CONCHYLICULTURE : UNE ACTIVITÉ EN FORTE CROISSANCE

Les lagunes servent de sites de reproduction et/ou de nourrissage à de nombreuses espèces. L'élevage de moules, d'huîtres et les autres types de conchyliculture représentent une activité importante notamment dans les baies et les estuaires du grand ouest, les côtes de Bretagne et le bassin de Thau en Languedoc-Roussillon.

DES ACTIVITÉS TRADITIONNELLES : LA CHASSE ET LA PÊCHE

La chasse est ancrée depuis longtemps dans ces milieux et contribue au renforcement de l'usage socio-économique de ces espaces. Jadis activité économique non négligeable, la pêche à pied est devenue une activité de loisirs très prisée des vacanciers et qui échappe à toute évaluation.

UNE PRESSION TOURISTIQUE DE PLUS EN PLUS FORTE

Enfin, les activités touristiques et de loisirs de ces sites sont de plus en plus affirmées, aussi bien sur la façade atlantique (baie du mont Saint-Michel, anse de l'Aiguillon) qu'en Méditerranée (Camargue, étangs du littoral languedocien). Des infrastructures routières et ferroviaires, la création d'autoroutes permettent d'accéder facilement à la côte surtout lors des fins de semaines et des vacances estivales, ce qui constitue une menace de plus en plus sérieuse.





FONCTIONS

UN « FILTRE » ENTRE LE BASSIN VERSANT* ET LA MER

Compte tenu de leur position intermédiaire entre le bassin versant* et les eaux littorales, les espaces lagunaires et marais côtiers contribuent à l'épuration de l'eau. Une partie des polluants contenus dans les eaux de transit entre le bassin versant et la mer sont dégradés par la végétation. La végétation des lagunes et marais a un effet de « peigne » vis à vis des matières en suspension (MES). La végétation favorise cette rétention ou au contraire le relargage des MES dans le milieu. Les écosystèmes côtiers contribuent à l'étalement des crues^{F1} et à lutter contre les intrusions marines lors des tempêtes (érosion du littoral).

UN ESPACE VITAL POUR DE NOMBREUX OISEAUX ET POISSONS

Les zones lagunaires et marais saumâtres possèdent une flore et une faune riches et diversifiées qui sont fonctions de leur salinité et des variations de l'hydropériode. Ils produisent des ressources alimentaires en quantité pour les vertébrés. Les salins sont d'excellents lieux de repos, d'hivernage ou de reproduction d'importance internationale pour les oiseaux d'eau (anatidés, limicoles).

MENACES ET ATTEINTES

Ces zones d'échange entre les milieux terrestres et marins sont menacées par les activités humaines.

ASSÈCHEMENT ET POLDÉRISATION^{M6}

Très tôt, l'homme isole la terre de la mer par des levées de terre, des digues pour se protéger des attaques de la mer et pour utiliser le sol fertile pour l'agriculture. Un vaste système de canaux permet d'assécher rapidement les marais saumâtres.

ABANDON DES ACTIVITÉS TRADITIONNELLES ET NOUVEAUX AMÉNAGEMENTS^{M8}

L'abandon de l'exploitation des marais salants et des lagunes laisse la place à des projets immobiliers ou touristiques très destructeurs qui ont comme conséquences :

- le remblaiement des marais saumâtres situés à l'intérieur des terres,
- l'altération du réseau hydrologique et le détournement des sédiments,

- le pompage excessif dans les aquifères* d'eau douce^{M2} pouvant induire des remontées souterraines d'eau salée.

POLLUTION PAR LES EAUX AGRICOLES, INDUSTRIELLES ET DOMESTIQUES^{M1}

Les apports polluants peuvent provoquer des conséquences graves dans les écosystèmes. Les « marées vertes » dans les étangs littoraux du Languedoc (ou malaïgues) sont des efflorescences d'algues imputables aux apports diffus d'éléments organiques et au faible renouvellement des eaux. Comme autres formes de pollution, les métaux, les pesticides (organochlorés et organophosphorés) bien qu'utilisés de manière dispersée, se retrouvent accumulés dans certaines espèces en fin de chaînes alimentaires et deviennent toxiques pour l'homme.

OBJECTIFS, ACTIONS

UNE LOI D'ÉQUILIBRE ENTRE DES OBJECTIFS DE PROTECTION ET DE MISE EN VALEUR DU LITTORAL

La loi littoral (3 janvier 1986) est le texte de référence en matière d'aménagement du littoral, notamment des vasières, marais et étangs. Elle tient compte des enjeux écologiques, économiques, culturels ou stratégiques. Pour la loi, l'aménagement doit veiller à la compatibilité de toutes les activités humaines sans qu'aucune ne prenne définitivement le pas sur une autre.

DE LA PRÉVENTION À L'ACTION

Beaucoup de mesures doivent être préventives. Il s'agit :

- de la réduction des pollutions par l'augmentation du nombre de stations d'épuration et l'amélioration de leur fonctionnement,
- de la maîtrise de l'occupation du sol, avec la mise en place de protections réglementaires ou foncières à partir d'une évaluation de la valeur patrimoniale des milieux naturels.

DES RÉSEAUX DE SURVEILLANCE

Beaucoup de points d'observations et de réseaux se sont mis en place pour évaluer les accidents bactériens ou toxiques. Ils font appel à des suivis physico-chimiques^{M4} ou biologiques en utilisant des espèces bioindicatrices^{M5}.





LAGUNES ET MARAIS SAUMÂTRES



POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Massoud Z. & Piboubès R., 1994. L'atlas du littoral de France. Éditions Jean-Pierre de Monza, Paris. 332 p.

Sadoul N., Walmsley J., et Charpentier B., 1998. Les salins entre terre et mer. Conservation des zones humides méditerranéennes – numéro 9. Programme Medwet. Tour du Valat. 96 p.

ÉTUDES DE CAS :

K1 : Étang de l'Or

K4 : Baie de Somme



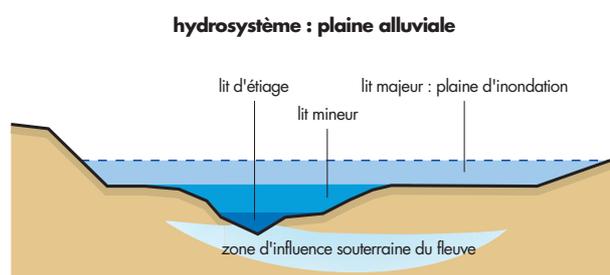
LITS MINEURS



DESCRIPTION

LE CŒUR DU SYSTÈME FLUVIAL

Le lit mineur correspond aux parties d'un cours d'eau inondées au moins 10 à 15 jours par an.



Source : Michelot 1995

Au sein de cet espace on peut distinguer le lit d'étiage (zones toujours en eau), les grèves (bancs de sédiments en eau inondés fréquemment) et les berges; dans des rivières naturelles telles que la Loire, la forêt à bois tendres (saules et aulnes) est incluse dans le lit mineur.



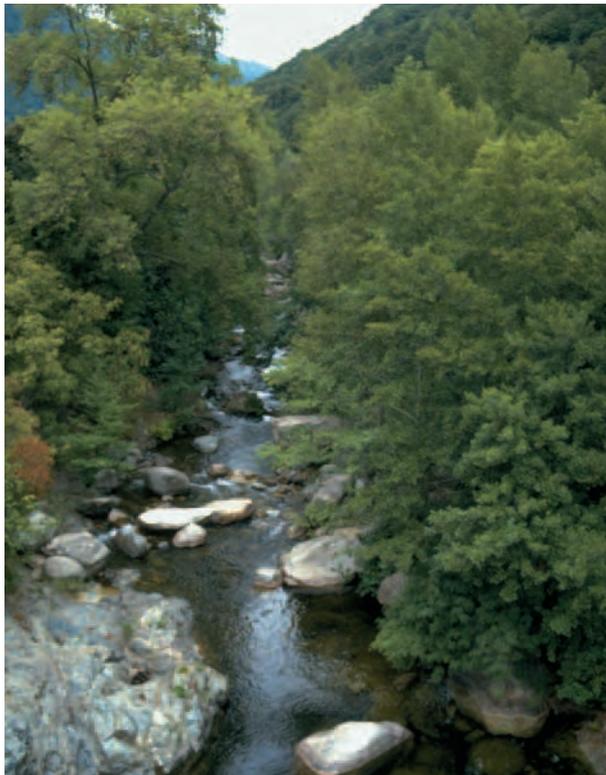
Ripisylves* : Vallée de l'Aube.

AUTANT DE LITS MINEURS QUE DE TYPES DE COURS D'EAU

Les lits mineurs peuvent être bien différents en fonction du type de cours d'eau.

Le Système d'Évaluation de la Qualité Physique des cours d'eau en cours de mise en place par les Agences de l'Eau (Aquascop 1997) est par exemple basé sur 8 familles de cours d'eau, elles-mêmes divisées en fonction de la géologie, de la pente ou de l'hydrologie :

- torrent : lit mineur simple ou tressé, stable ou mobile;
- rivière torrentielle à fort transport solide : lit mineur tressé ou à méandres, mobile;
- rivière torrentielle à faible transport solide : lit mineur simple, éventuellement divaguant;
- rivière de plateaux : lit mineur simple;
- rivière de plaine ou de colline : lit mineur généralement simple;
- grand cours d'eau de plaine (allochtone) : méandres stables ou dynamiques;
- rivière de basse plaine : lit mineur unique ou à méandres;
- influence côtière : estuaire, delta, ria.



Lit de montagne

USAGES

Le lit mineur constitue un espace fondamental pour de nombreux usages :

- pompages en eau superficielle : alimentation en eau potable, agriculture, industrie;
- pêche;
- loisirs nautiques : baignade, navigation touristique, canoë...
- hydroélectricité.

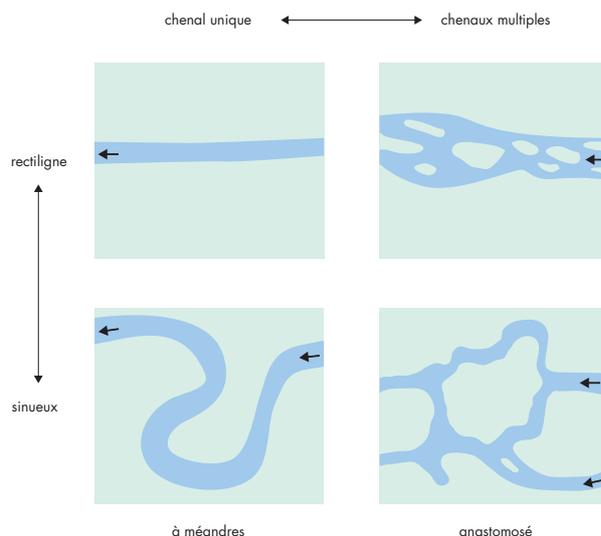
FONCTIONS

UN ESPACE IMPORTANT POUR L'ÉCOULEMENT DES CRUES^{F1}

Les lits mineurs présentant une dynamique encore assez naturelle (Loire, Allier...) peuvent présenter une certaine rugosité hydraulique, entraînant ralentissement des écoulements et relèvement des lignes d'eau; cette situation peut être favorable à l'amont des zones sensibles à l'inondation (écrêtement), mais défavorable si cette partie du cours d'eau borde directement des zones sensibles (habitations...).

A l'échelle d'une vallée entière, l'écrêtement des crues est moins lié au lit mineur qu'au lit majeur. Ainsi, sur la Loire moyenne, l'écrêtement des crues supérieures à la cinquantennale (4200 m³/s), pour chaque val, est en moyenne de 50 m³/s par remous aux confluences et de 100 à 300 m³/s dans la plaine (surverse ou déversoirs).

Styles géomorphologiques des cours d'eau

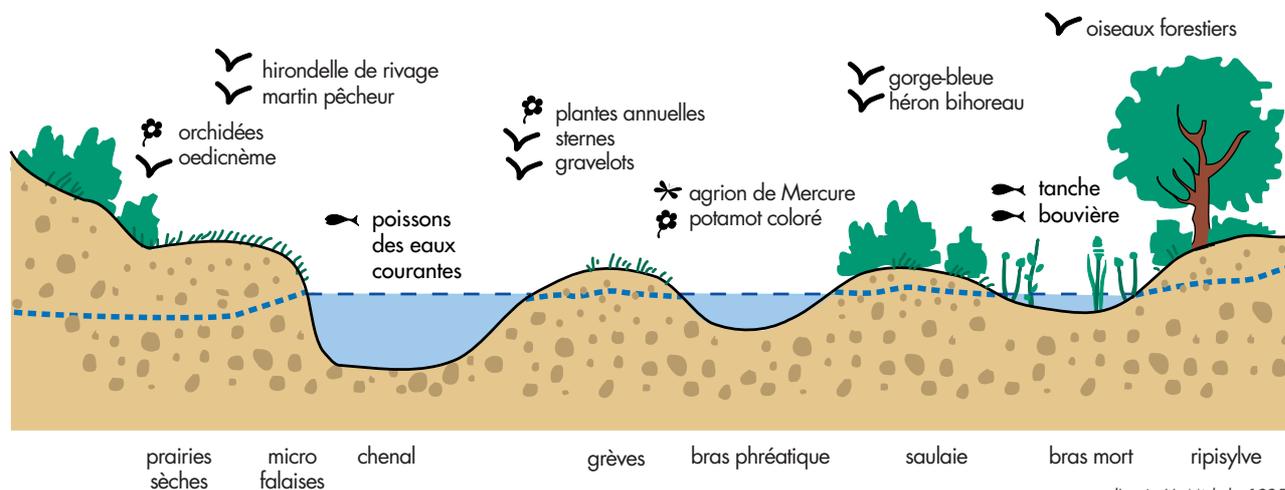


Source: Bravard et Petit 1997

L'ÉROSION DES BERGES, POURVOYEUSE DE CHARGE SOLIDE POUR LA RIVIÈRE^{F4}

Le lit mineur est le siège des érosions de berges qui contribuent à la recharge du cours d'eau en débit solide^{F4}. Cette fonction est fondamentale pour maintenir la ligne d'eau, garante des niveaux des nappes.

Quelques espèces des lits mineurs



d'après J.L. Michelot 1995



LITS MINEURS

UNE ZONE DE CONTACT FONDAMENTALE ENTRE EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINE^{F2, F3, F6, F7}

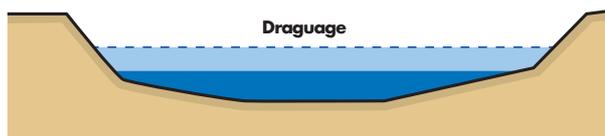
Les berges constituent la principale interface (lieu d'échanges) entre l'eau du chenal et la nappe phréatique; leur colmatage peut entraîner une diminution des échanges. Les grèves constituent des espaces très proches de l'eau; la végétation peut donc y capter facilement les éléments nutritifs ou polluants : consommation par la végétation, effet de peigne des arbustes des grèves... L'eau traversant les bancs de sédiments des grèves et des berges (sous-écoulement) bénéficie d'une épuration naturelle.

UNE FLORE ET UNE FAUNE SPÉCIALISÉES⁸

Les lits mineurs possèdent souvent une biodiversité* remarquable. Le chenal abrite une flore et une faune aquatique spécifiques (poissons, invertébrés...). Les grèves des grands cours d'eau tressés possèdent des communautés d'espèces très spécialisées et remarquables : plantes adaptées à la succession d'inondations et de mise au sec, oiseaux pionniers (sternes...).

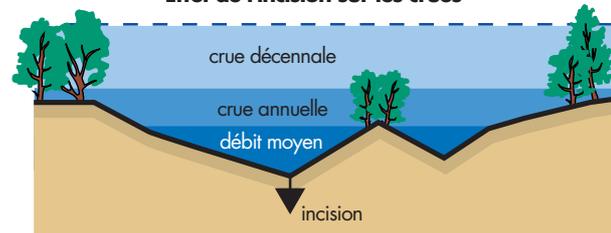
MENACES ET ATTEINTES

Les lits mineurs présentent une forte sensibilité; les impacts y sont nombreux et marqués. Les aménagements fluviaux^{M3, M4, M5, M6, M7} simplifient et banalisent le milieu : mise en retenue, dragages, dérivations... Ces travaux ont en particulier pour effet de diminuer les interfaces terre/eau, où sont assurées la plupart des fonctions (biodiversité*, ralentissement des crues, épuration...).

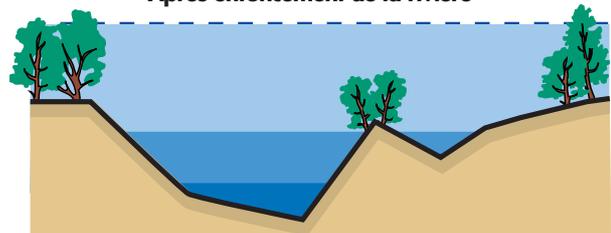


De nombreux cours d'eau font l'objet d'une métamorphose^{M3} qui se traduit par une diminution des divagations, un tracé plus régulier, une diminution des interfaces... Cette évolution entraîne une diminution des fonctionnalités : limitation de l'atténuation des crues par concentration des débits, enfoncement du lit et des nappes.

Effet de l'incision sur les crues



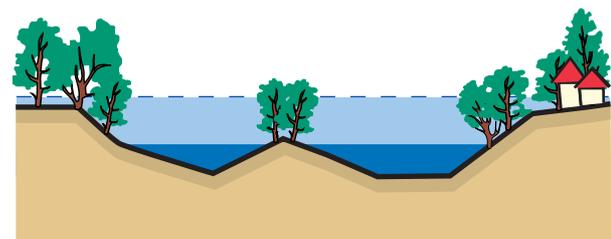
Après enfoncement de la rivière



Cet impact peut être sensible dès une faible incision. L'enfoncement de la rivière se traduit par une concentration des eaux dans le lit mineur : l'écrêtement des crues devient très faible (pas de ralentissement des eaux par la végétation).

Les berges constituent un espace sensible aux effets d'impacts. La protection contre les érosions peut conduire à un déficit sédimentaire de la rivière^{M4}. Un entretien excessif de la ripisylve* peut conduire à diminuer la rugosité des berges; cet impact sera positif s'il fait baisser la ligne d'eau de crue au niveau du site des travaux, mais il peut être négatif s'il induit une accélération des flux de crue vers l'aval.

Lit mineur végétalisé



La végétalisation a un effet négatif en matière de ligne d'eau (relèvement), mais positif en termes d'écrêtement (ralentissement des eaux de crues par la végétation); par ailleurs, les communautés vivantes ne sont pas les mêmes dans les deux cas (sternes dans le premier, hérons dans le second).



Les déséquilibres du milieu peuvent entraîner des dysfonctionnements « biologiques ». Le lit mineur constitue un milieu propice à la prolifération de plantes invasives (exotiques)^{M10}, car l'apport de graines y est intense (crues) et les terrains souvent nus. La stabilisation des rivières entraîne souvent une succession végétale* « à sens unique », avec boisements des grèves, qui peut entraîner des relèvements problématiques des lignes d'eau en crue.

OBJECTIFS, ACTIONS

Une bonne gestion du lit mineur correspond avant tout à une bonne gestion de la rivière en général voire de son bassin versant*.

- Respect de l'intégrité de l'espace nature^{ST1} ;
- Protection ou restauration de la qualité de l'eau^{ST2} ;
- Protection ou restauration de la dynamique fluviale^{ST2} :
 - conservation de l'espace de liberté de la rivière^{A1},
 - travaux d'entretien adaptés^{A3},
 - remobilisation de sédiments piégés dans le lit mineur^{A1},
 - gestion réfléchie des embâcles^{A4},
 - gestion de la ripisylve*.
- Restauration de l'alimentation en eau des zones humides^{ST3} :
 - amélioration des débits réservés^{A5}.
- Contrôler la dynamique de la végétation :
 - lutte contre les végétaux invasifs^{A28}.

De façon moins systématique, d'autres objectifs pourront s'ajouter :

- remettre en eau des annexes fluviales^{ST4},
- renaturer des terrains dégradés^{ST8}.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

- Bachi M., Berton J.P., 1998. Entretien du lit de la Loire. Guide méthodologique. Équipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature. DIREN Centre (volet 2, version provisoire).
- Boyer M., 1998. La gestion des boisements de rivières. Guide technique du SDAGE RMC n° 1. 2 fascicules.
- RIVIÈRE ENVIRONNEMENT, 1988. Gestion des bordures de cours d'eau. Évolutions, fonctions et intérêts des ripisylves*. Secrétariat d'état chargé de l'environnement. 89 p.

ÉTUDES DE CAS :

- K5 : Val d'Allier
K10 : Vallée alluviale de la Moselle





FORÊTS ALLUVIALES ET RIPISYLVES



DESCRIPTION

Les forêts alluviales sont des écosystèmes forestiers naturels liés à la présence d'une nappe phréatique peu profonde et inondés de façon régulière ou exceptionnelle.

Les ripisylves* sont des boisements bordant les petits et moyens cours d'eau.

UNE GRANDE DIVERSITÉ ÉCOLOGIQUE

La forêt à bois durs à nappe phréatique peu profonde constitue un milieu très favorable au développement de la végétation; la flore ligneuse y est très diversifiée (arbres, arbustes, lianes...).

Il existe une grande variété de boisements alluviaux, dont les caractères dépendent de nombreux paramètres : âge du peuplement, position biogéographique, niveau de nappe, granulométrie...

DIFFÉRENTS STADES D'ÉVOLUTION

Les groupements végétaux évoluent du fait des successions de végétation proprement dites, mais aussi des modifications du milieu (dépôts de sédiments fins, approfondissement de la nappe phréatique, diminution de la fréquence d'inondation). On distingue généralement différentes étapes :

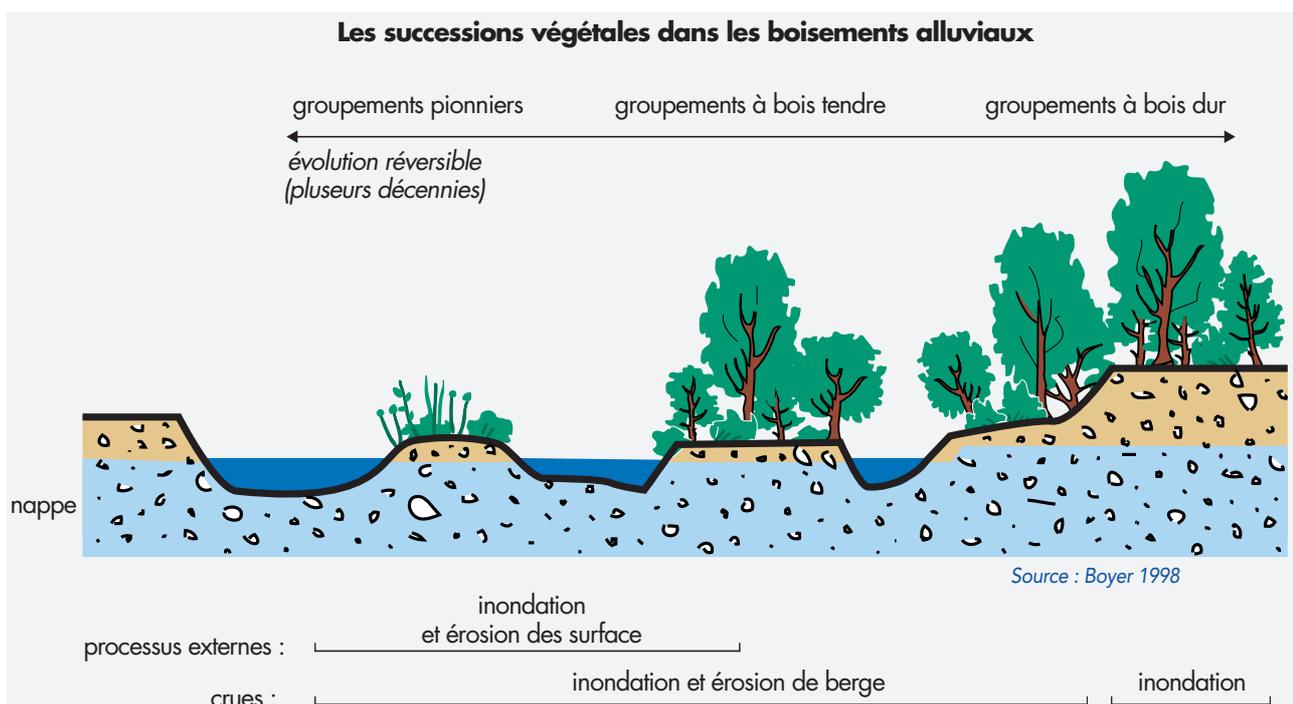
- groupements pionniers* : saules buissonnants...
- forêt à bois tendre : saulaie, aulnaie ou peupleraie,

- forêt à bois dur : frênaie, chênaie, pinède (en montagne). Par ailleurs, les boisements alluviaux présentent des caractères différents selon les sites. La composition spécifique peut présenter quelques différences selon les régions biogéographiques (frêne à feuilles étroites au sud de la France, frêne élevé au nord...).

De façon plus fondamentale, on constate une évolution longitudinale le long des cours d'eau, liée à la modification de la granulométrie, la largeur de la plaine, la fréquence des inondations...



Ripisylves* et forêts alluviales jouent un rôle essentiel pour la régulation des nutriments* et l'écrêtement des crues.



USAGES

En matière de sylviculture, les forêts alluviales présentent des situations variées :

- la forêt à bois tendre possède généralement un faible intérêt, si ce n'est local (autrefois : bois de chauffage);
- la forêt à bois dur peut être très productive et riche en essences nobles. Elle est souvent peu valorisée, sans doute par manque de culture sylvicole des propriétaires; l'exploitation se limite alors à des coupes rases ou des plantations de peupliers.

Les forêts alluviales présentent un intérêt récréatif, par leur paysage foisonnant et leur proximité du cœur de certaines agglomérations (Strasbourg, Lyon...).

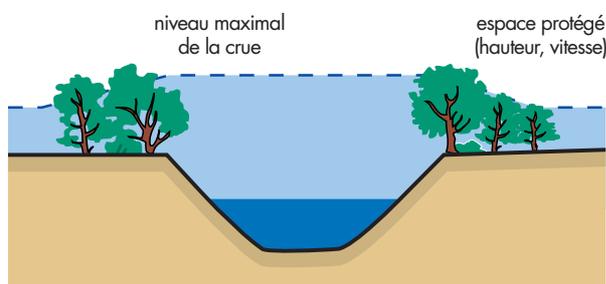
FONCTIONS

UNE FORTE RUGOSITÉ ATTÉNUANT LES CRUES

Avec leurs strates multiples, la forêt alluviale et la ripisylve* présentent une rugosité hydraulique très forte; les eaux de crues s'en trouvent ainsi ralenties et écrêtées^{F1}. Le débit de pointe des crues diminue entre l'amont et l'aval d'un grand massif forestier inondable.

La forêt joue également un rôle sur les niveaux. Lors de la crue catastrophique de l'Ouvèze (Vaucluse, Drôme), Piégay a constaté que le niveau maximal de la rivière avait été plus élevé au centre du chenal qu'à l'arrière de la ripisylve : celle-ci contenait une partie du flux.

Profil en travers de l'Ouvèze (inspiré de Piégay)



UNE POSSIBILITÉ DE RECHARGE DU DÉBIT SOLIDE^{F4}

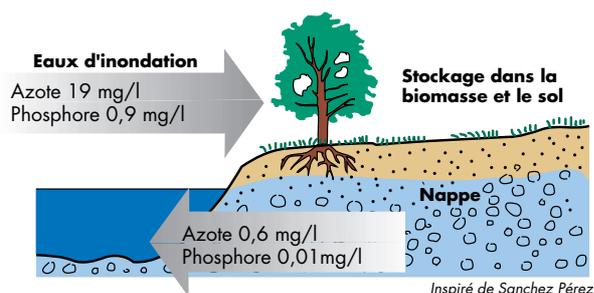
La forêt constitue l'une des zones principales de recharge du débit solide de la rivière participant au soutien des lignes d'eau et des nappes. L'érosion n'y pose pas de problème économique majeur, contrairement à certains espaces agri-

coles. L'érosion de berges boisées peut toutefois entraîner la formation d'embâcles* qui demandent une gestion adaptée^{F4}.

UN RÔLE ESSENTIEL POUR LA RÉGULATION DES NUTRIMENTS^{F5}, TOXIQUES^{F6} ET MES^{F7}

Le rôle de la ripisylve dans ce domaine est important et assez bien connu : les arbres consomment une partie des nutriments* transitant dans la nappe et les stockent durablement dans leur biomasse*.

Quant aux strates buissonnantes, elles ralentissent les eaux et entraînent la sédimentation des matières en suspension lors des crues (« peigne » végétal).



Inspiré de Sanchez Pérez

UN PATRIMOINE NATUREL PARTICULIÈREMENT DIVERSIFIÉ

La richesse patrimoniale de ces milieux provient en particulier de leur structure complexe et très diversifiée.

La végétation compte un grand nombre d'espèces (surtout ligneuses), mais assez peu d'espèces rares; on peut toutefois citer la vigne sauvage ou l'orme lisse.

La faune trouve son intérêt par sa complémentarité avec les autres compartiments de l'hydrosystème. Les hérons s'alimentent au bord des eaux, mais nichent dans la ripisylve*; le castor vit au bord des eaux, mais s'alimente en forêt.

Enfin, la forêt alluviale possède souvent un intérêt biogéographique; en milieu méditerranéen, il s'agit d'un milieu très tempéré et protégé des excès de chaleur, où des espèces « médioeuropéennes » peuvent vivre, alors qu'elles sont absentes en plaine à la même latitude (pour les oiseaux, pouillot véloce, bouvreuil...).

Les forêts alluviales sont classées en annexe I de la Directive européenne sur les habitats de la flore et de la faune sauvage.



FORÊTS ALLUVIALES ET RIPISYLVES



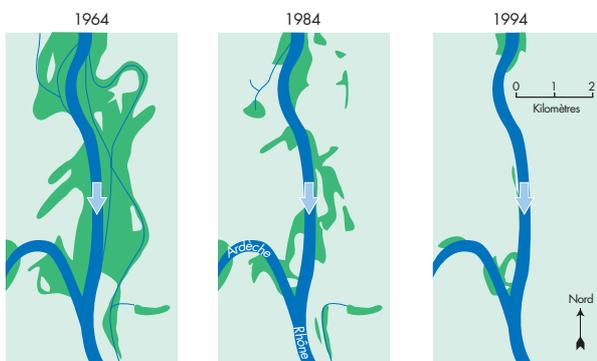
MENACES ET ATTEINTES

LE DÉFRICHEMENT ET LES PLANTATIONS

Le défrichement a causé la disparition de vastes surfaces de forêts alluviales. Il a largement été motivé par la volonté de cultiver les riches sols de la forêt à bois dur. Cette forme de destruction s'est ralentie en France, mais elle existe toujours du fait de l'agriculture, de la construction de voies de circulation^{m6}, de l'extraction des granulats^{m7}, voire de l'urbanisation.

Le remplacement de la forêt naturelle par des plantations des peupliers ou d'autres espèces allochtones^{m8} constitue une atteinte majeure dans certaines vallées (Haut-Rhône, Loire angevine...). Même là où elle est conservée, la forêt alluviale est souvent mal exploitée; les lianes sont très souvent coupées alors qu'elles jouent un rôle écologique important (ressources alimentaires ou abris pour la faune, apport estival de nutriments* aux arbres...).

évolution des forêts alluviales du Rhône
près du confluent de l'Ardèche



Dans ce secteur, les forêts alluviales ont perdu 90 % de leur surface entre 1964 et 1997, principalement du fait des défrichements agricoles (Sources : Michelot 1989; Pissavin et al. 1998).

LA RÉDUCTION DES INONDATIONS

La dégradation du système fluvial^{m3} peut menacer l'existence même de la forêt, mais elle porte surtout atteinte à ses qualités et à ses fonctions. La diminution des divagations latérales interdit sa régénération, provoquant une évolution « à sens unique » vers la forêt à bois durs. La diminution de la fréquence des inondations entraîne l'apparition d'espèces non fluviales et la réduction de l'écurement.

LA BAISSÉ DU NIVEAU DES NAPPES

La baisse des nappes^{m2, m3} peut entraîner des mortalités d'arbres; elle conduit à une baisse de la rétention des nutriments et à une perte d'originalité du milieu (disparition des espèces liées à l'eau et développement d'espèces plus banales).

LA PROLIFÉRATION DE PLANTES INVASIVES

Des espèces invasives^{m9} peuvent proliférer dans des secteurs perturbés par des coupes ou par la baisse des nappes. La forêt à bois tendre est la plus menacée; le faux indigo (*Amorpha fruticosa*) remplace souvent la saulaie dans le sud de la France; l'érable negundo (*Acer negundo*) occupe de grandes superficies dans les bassins du Rhône et de la Loire. Du fait de sa puissance de colonisation, le robinier se substitue souvent à la ripisylve* après mise à nu ou assèchement des terrains. C'est alors une grave menace pour la forêt de bois dur.

OBJECTIFS, ACTIONS

PROTÉGER OU RESTAURER LES FONCTIONNALITÉS

Les forêts alluviales, souvent menacées de défrichement, doivent être protégées de façon réglementaire ou foncière^{st1} : réserves naturelles, forêts de protection...

La restauration et la gestion de ces boisements doit avant tout reposer sur la restauration du système fluvial :

- Restaurer l'humidité^{st3} : relèvement des débits réservés^{a5}, lutte contre l'incision...
- Gérer et restaurer les crues^{st5},
- Gérer la dynamique fluviale^{st2}.

PRÉSERVER L'INTÉGRITÉ DES MILIEUX

Contre les défrichements, la protection réglementaire ou foncière^{a1} constitue un outil important de lutte. Les forêts du Rhin sont ainsi couvertes par différentes réserves naturelles.

À l'avenir, la protection des ripisylves passera sans doute par la reconnaissance de leurs fonctions. Il s'agira en particulier de mettre en œuvre des modes de valorisation sylvicole compatible avec leurs caractères^{a25} (valoriser les espèces naturelles plutôt que planter des peupliers); d'autres boisements peuvent être préservés en tant qu'espaces périurbains de détente.





RESTAURER LES BOISEMENTS DÉGRADÉS

Dans certains cas, il est possible de restaurer la composition de boisements dégradés²⁵. Ainsi, on connaît différentes expériences réussies de renaturation d'anciennes peupleraies à partir de la dynamique naturelle ou de plantation. La lutte contre les espèces végétales exotiques²⁸ est souvent plus difficile.

Un suivi à long terme pour les forêts alluviales

Le réseau des réserves naturelles fluviales a mis en place un suivi à long terme de forêts alluviales sur différents cours d'eau (Rhin, Rhône, Loire, Doubs, Drôme...). Dans chaque site, des parcelles de forêts font l'objet d'une étude fine : comptage et mesure des arbres, relevés phytosociologiques... Ces relevés, renouvelés tous les 5 à 10 ans, devraient permettre de mieux connaître l'évolution de ces boisements en l'absence d'interventions humaines.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Boyer (M.), 1998. La gestion des boisements de rivières. Guide technique du SDAGE RMC n° 1, 2 fascicules.

Piegay H., Pautou G., Ruffinioni C. (sous la direction de) à paraître : « Les ripisylves* dans les hydrosystèmes fluviaux. » Institut pour le développement forestier.

RÉFÉRENCES, COMPÉTENCES

Réseau des réserves naturelles fluviales. Réserve naturelle de l'île de la Platière, rue César Geoffroy, 38550 Sablons.

ÉTUDES DE CAS

K5 : Val d'Allier.

K9 : Ried du Rhin.





MARAIS FLUVIAUX ET PRAIRIES HUMIDES



DESCRIPTION

Ces zones humides sont situées dans les zones inondables du lit majeur et notamment sur des sols où se sont formés des dépôts alluvionnaires.

LES MARAIS

Ils sont constitués de milieux semi-aquatiques et aquatiques périodiquement inondés et présentent une mosaïque d'îlots de végétations denses et d'espaces plus ou moins vaseux et exondés. Sur les bords des mares les sols « flottants » ou « tremblants » (îlot flottant de végétation dans le marais) sont constitués par les rhizomes et les débris végétaux de la roselière; ils fournissent un support à la colonisation d'une nouvelle végétation : les carex et les joncs. Les grandes cariçaies et leur cortège de plantes associées (molinie, potentille...) constituent les éléments les plus remarquables de ces milieux.

LES PRAIRIES HUMIDES

Ce sont des formations végétales herbacées denses, supérieures à 40-50 cm, se développant dans des conditions mésophiles (moyennement humides) à hygrophiles* (très humides). Au sein des plaines alluviales, les communautés prairiales occupent le lit majeur. Elles sont sous la dépendance de la durée d'inondation; celle-ci détermine secondairement les caractéristiques trophiques des stations et les adaptations de la végétation à cette contrainte hydrodynamique. (Voir photo ci-dessus).



Une prairie humide.

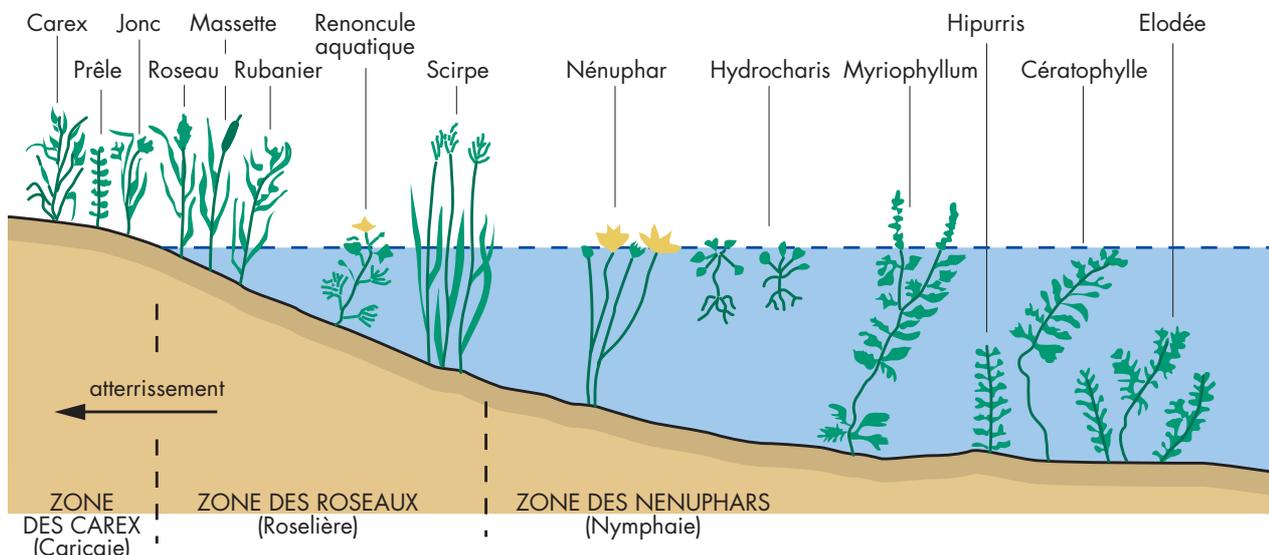
USAGES

DES PRAIRIES FOURRAGÈRES AU SERVICE D'UNE PRODUCTION ANIMALE INTENSIVE OU EXTENSIVE

Les prairies humides et les marais étaient autrefois un élément clé de nombreux systèmes d'élevage. Les espaces prairiaux sont classés par les agronomes en fonction de leur productivité mesurée en Unité Fourragère (UF). Selon sa localisation, une prairie humide peut produire entre 1200 UF/an (productivité médiocre) et 2500 UF/an (forte productivité).

Chaque type d'exploitation favorise certaines communautés végétales. La gestion traditionnelle (fauche, brûlage et pâturage extensif) a contribué à créer une mosaïque d'habitats semi-naturels riches et diversifiés. Les pâturages

Succession végétale dans un marais fluvial.





exploités de façon intensive, c'est-à-dire fertilisés et à forte concentration de bétail, entraînent un appauvrissement des espèces végétales et la sélection de quelques espèces.

DES ACTIVITÉS DE LOISIRS TRADITIONNELLES : LA CHASSE ET LA PÊCHE

En automne et en hiver les prairies humides accueillent des espèces d'oiseaux en quantité élevée (limicoles, anatidés), soit au cours de leur halte migratoire, soit lorsqu'ils prennent leurs quartiers d'hiver. Les marais sont des zones de frai pour certaines espèces de poissons (brochet).

DES ZONES DE CAPTAGE D'EAU POTABLE

Les captages sont souvent implantés dans les prairies, la nappe étant située à faible profondeur. Cela justifie la nécessité de mettre en place des mesures de protection adaptées.

FONCTIONS

UNE ZONE TAMPON DANS L'ESPACE ALLUVIAL

En matière de qualité des eaux, les marais fluviaux et les prairies humides jouent un double rôle : filtration physique des matières en suspension (effet de « peigne ») et filtration biologique (« épuration naturelle » par absorption directe ou indirecte par la végétation).

Le plus souvent réduits à une frange entre le cours d'eau et les zones cultivées (à l'exception des grandes plaines alluviales), ces milieux contribuent de façon efficace à la prévention des inondations par l'étalement des crues et le stockage temporaire de l'eau.

Suivant les conditions hydrographiques, ces milieux peuvent soutenir les étiages des cours d'eau en période de basses eaux.

UNE GRANDE RICHESSE PATRIMONIALE^{FR}

La production fourragère de ces milieux peut apparaître faible au regard des agriculteurs, cependant les valeurs à l'hectare varient beaucoup selon la localisation géographique, les caractéristiques du sol ainsi que les périodes de fauche. Ces milieux présentent en fait une forte productivité mais également une biodiversité* élevée. Les phragmitaies semi-aquatique denses occupent les zones les plus inondées alors que les carex ou laïches peuvent se développer sur des sols moins hydromorphes. Lorsque le sol est gorgé d'eau et très riche en matière organique, on trouve dans les groupements à choin, jonc et à molinie, de très nombreuses espèces rares et menacées comme les orchidées (épipactis

des marais, orchis des marais), la gentiane pneumonanthe, la gratiole officinale ou la grande pimprenelle, plante hôte de papillons (genre *Maculinea*); elles sont protégées au niveau communautaire. La faune est le plus souvent tributaire de la flore. Ces milieux abritent de très nombreux insectes floricoles ainsi que de nombreux oiseaux paludicoles (fauvettes aquatiques, gorge-bleue). Ces zones humides sont aussi très importantes par leur capacité d'accueil privilégié des oiseaux limicoles en période de migration et d'hivernage.

MENACES ET ATTEINTES

La majorité des marais fluviaux et des prairies humides résultant d'une longue exploitation par l'homme, est actuellement très gravement menacée. Les menaces peuvent se décliner selon le caractère d'irréversibilité des atteintes aux milieux.



Les papillons *Maculinea* sont des espèces de prairies humides d'importance européenne.

CHENALISATION ET PERTE DE L'ESPACE DE LIBERTÉ DES COURS D'EAU^{MS}

Les endiguements ont pour conséquence directe la réduction de la fréquence des crues, ce qui entraîne l'absence d'une régénération des milieux annexes. Les conséquences les plus notables sont :

- la fermeture de ces espaces par l'augmentation des boisements;
- l'accroissement des obstacles à l'écoulement des crues.





MARAIS FLUVIAUX ET PRAIRIES HUMIDES



UNE DEMANDE EN EAU TOUJOURS CROISSANTE^{a2}

En raison de la faible profondeur des aquifères*, ces milieux font l'objet de prélèvements excessifs pour l'eau potable, notamment par l'agriculture.

LES EXTRACTIONS DE MATÉRIAUX ALLUVIONNAIRES

Les extraction de matériaux alluvionnaires ont entraîné une réduction considérable des prairies humides, accentuée par leur réaménagement en plans d'eau touristiques.

ENTRE UNE INTENSIFICATION AGRICOLE ET UN ABANDON DES ACTIVITÉS TRADITIONNELLES^{a8}

En raison de l'abandon de l'exploitation des terres agricoles peu rentables, les marais fluviaux et les prairies humides sont le plus souvent convertis en peupleraies ou en champs de maïs très avides d'eau. La déprise agricole conduit donc à la banalisation et à la fermeture des milieux (perte de richesse et de diversité floristique). De même le drainage et l'assèchement de ces espaces, (pour gagner de l'espace agricole, ou pour assainir ces terrains) conduit également à terme à la disparition de ces zones humides. Avec la perte progressive des fonctions de rétention et de dégradation des toxiques, les apports de fertilisants minéraux et organiques deviennent trop élevés (> 80 kg N/ha/an) et menacent l'équilibre hydrochimique de ces milieux, donc la qualité de l'eau potable, qui est particulièrement vulnérable aux pollutions par le nitrate.

OBJECTIFS, ACTIONS

Les marais fluviaux et les prairies humides bénéficient depuis peu d'une prise de conscience accrue justifiée par :

- l'ampleur des dégradations,
- l'abandon de leur entretien traditionnel,
- leur intérêt en termes de patrimoine naturel et de fonctionnement hydrologique.

RECRÉER UN ESPACE DE LIBERTÉ COMPATIBLE AVEC UN RISQUE D'INONDATION TOLÉRÉ^{A18, A19}

Le maintien de ces milieux repose sur la préservation d'un fonctionnement hydrologique le plus naturel possible (régime de crues, amplitude de battements des nappes...) permettant la survie des espèces hygrophiles* et mésohygrophiles*.

RESTAURER CES MILIEUX HERBACÉS EN LUTTANT CONTRE L'EMBROUSSAILLEMENT

Il convient de restaurer ces milieux et de contrôler leur évolution vers le boisement. Il s'agit de limiter la dynamique végétale notamment d'espèces invasives^{a24}, exotiques^{a28} ou non (verge d'or, roseau, aulne glutineux...) et de ligneux dans l'objectif de maintenir une strate herbacée riche et diversifiée. Les moyens actuels les plus courants sont le pâturage^{a22}, la fauche^{a23}, le broyage des refus ou le feu (écobuage).

LIMITER LES APPORTS D'ENGRAIS, DE PESTICIDES ET DE MATIÈRES ORGANIQUES^{a15}

Parce que les nappes affleurantes de ces milieux sont utilisées pour l'eau potable, il est absolument nécessaire de contrôler la quantité et la qualité des apports.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Actes du colloque, 1996. Écosystèmes prairiaux. « Biodiversité* et gestion des écosystèmes prairiaux », 8/10 juin 1995. Bull. Soc. bot. Fr., Acta Botanica Gallica, 143, n° 4/5.

Muller S., 1998. Étude de l'impact des changements des pratiques agricoles sur la biodiversité végétale et la fonction d'épuration des eaux dans les prairies alluviales de Lorraine. Rapport de synthèse. 23 p.

Zucchi H., 1989. La prairie. Un environnement menacé. Ulisse Éditions, Paris. 127 p.

ÉTUDES DE CAS

K3 : Marais Audomarois

K5 : Val d'Allier.

K7 : Barthes de l'Adour

K12 : La Bassée



ANNEXES FLUVIALES



DESCRIPTION

DES MILIEUX HUMIDES EN MARGE DES COURS D'EAU

Le terme d'annexes fluviales (ou annexes hydrauliques) englobe les principaux milieux aquatiques et semi-aquatiques liés aux cours d'eau : bras secondaires, bras morts, mares...

Les milieux artificiels tels que les gravières en eau^{ZH10}, fonctionnant parfois comme des annexes fluviales, ne sont pas intégrés dans cette fiche.

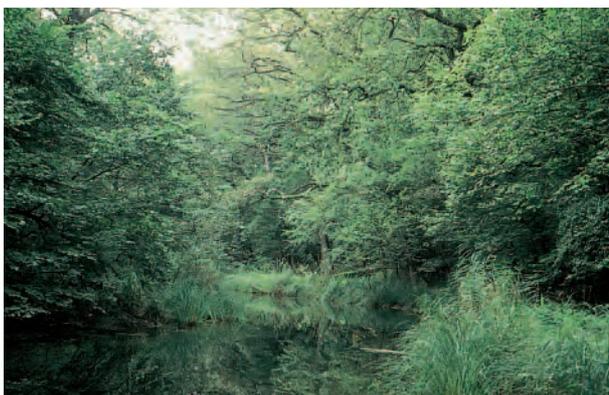


Photo J.-L. Michélot

Rhin (Alsace) : Bras remis en eau.

Les anciens bras possèdent un grand nombre d'appellations locales : boires (Loire), lônes (anciens bras de tressage du Rhône), mortes (anciens bras de méandrage du Rhône), noues (nord et est de la France), giessen (Rhin), cornes (Doubs), freydières (ruisseaux phréatiques de la bande active de la Drôme)...

Ancien bras de Robertsau.



Photo J.-L. Michélot



Photo AERMC

Bras actif de tressage.

DES MILIEUX CARACTÉRISÉS PAR LEUR ALIMENTATION EN EAU

Les annexes fluviales présentent une grande diversité, liée à différents facteurs :

- **alimentation en eau** : alimentation directe par le fleuve, sous-écoulement du fleuve, nappe phréatique de versant...
- **niveau trophique** : d'oligotrophe* (alimentation phréatique) à eutrophe*,
- **alimentation en crue** : bras alimenté lors de chaque crue, ou au contraire totalement isolé (en cas d'endiguement),
- **niveau de perturbation** : remaniement des sédiments lors des crues ou stabilité complète.

De façon schématique, on peut distinguer :

- les anciens bras de tressage, étroits, fréquemment remaniés par les crues, où les processus allogènes (dont l'origine est extérieure au milieu) sont très importants (apports de sédiments et nutriments* de l'amont);
- les anciens méandres, beaucoup plus larges et peu perturbés, où les processus autogènes (internes au milieu) dominant (formation de matière organique...). Ces milieux présentent plus de similitudes avec les étangs (grande largeur, ceintures de végétation...).

USAGES

DES ESPACES ATTRACTIFS POUR LES RIVERAINS

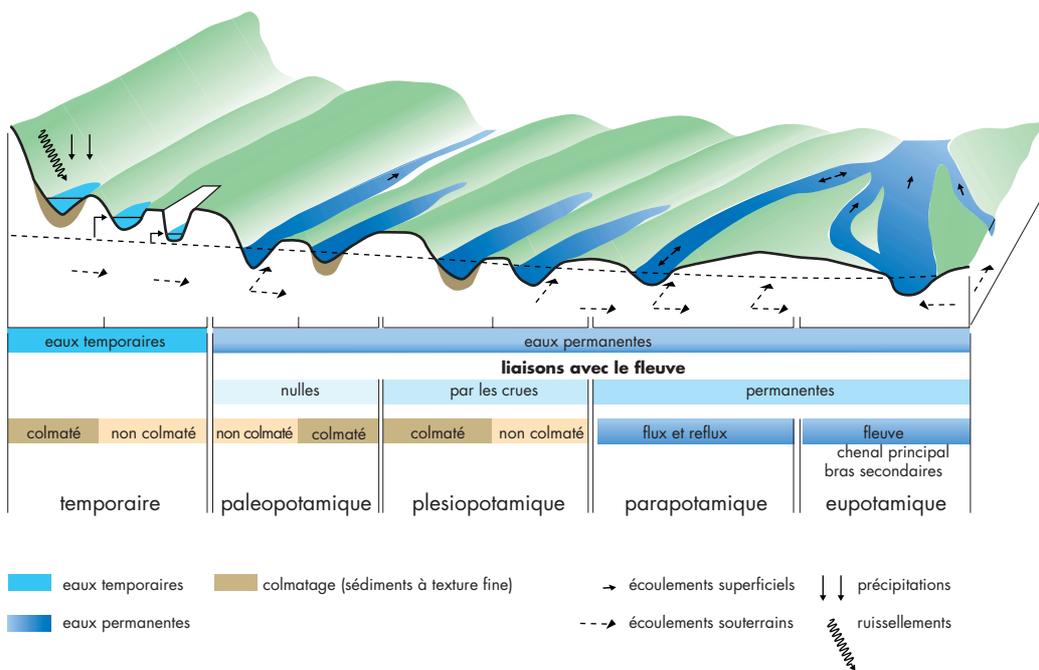
Les annexes fluviales présentent une grande importance sur le plan halieutique*, de façon directe comme lieux de pêche, et de façon indirecte en tant que sites d'abris pour les poissons en cas de crue ou de pollution, frayères...

La chasse est moins développée, sauf sur les annexes très larges (anciens méandres...), favorables au gibier d'eau.



Bloc diagramme représentant les différents milieux définis à partir de critères hydrauliques.

Diversité des anciens bras du Haut-Rhône français



PIREN Rhône, 1982

Elles présentent souvent un intérêt paysager notable, participant par exemple à la qualité des forêts périurbaines de la ville de Strasbourg (Roberstau, Neuhoft).

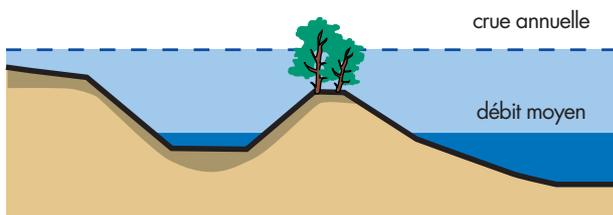
Dans certains cas, les annexes présentent un rôle dans l'alimentation en eau potable, en contribuant à l'alimentation en eau de champs captants, ou en permettant de limiter leur accessibilité.

FONCTIONS

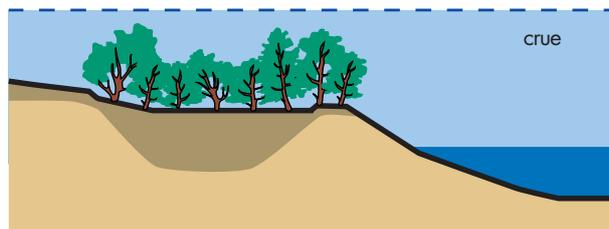
Si elles représentent des superficies très faibles, les annexes fluviales assurent des fonctions majeures au sein de l'hydro-système fluvial.

Fonctionnement en crue de l'île de Miribel-Jonage

Dans ce secteur aménagé, aucun bras n'est plus alimenté par le Rhône depuis l'amont. Par contre, un réseau d'une douzaine de kilomètres de « lônes » se met progressivement en eau lors des crues. Pour une crue centennale de 4500 m³/s, les bras annexes font transiter 15 % du débit (700 m³/s); ils sont en partie responsables du rôle d'écêtement du site (pour la crue centennale, diminution du pic de crue de 4530 m³/s à l'amont à 4390 à l'aval, soit un écêtement de 140 m³/s).



après colmatage et boisement du bras



La fermeture du bras entraîne le relèvement de la ligne d'eau





ANNEXES FLUVIALES



DES ESPACES PRIVILÉGIÉS D'EXPANSION DES CRUES^{F1}

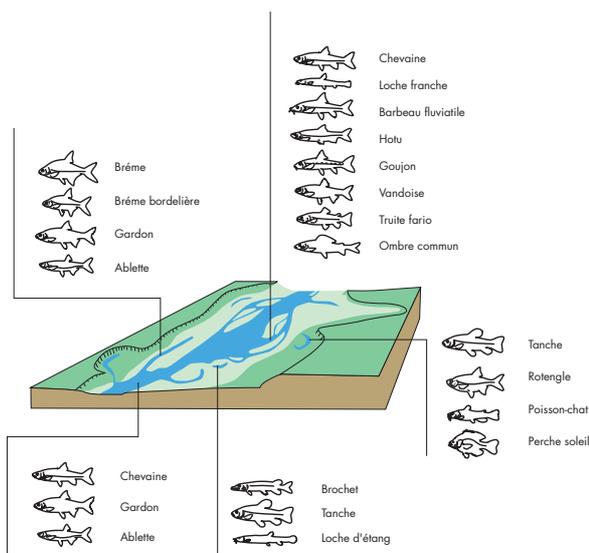
La fonction d'**écrêtement** des crues étant liée à la surface inondée, les annexes ne jouent généralement qu'un rôle modéré dans ce domaine.

Toutefois, les bras secondaires permettent le transit d'une partie du débit de crue; leur suppression se traduit donc par un relèvement local des **lignes d'eau**, potentiellement très préjudiciable aux activités humaines.

PATRIMOINE NATUREL : DES « BRAS MORTS » PARTICULIÈREMENT VIVANTS^{F8}

Les annexes fluviales présentent une grande importance en matière de biodiversité*. Elles possèdent souvent une flore et une faune variées grâce à la faible profondeur des eaux et à leur situation abritée par rapport aux crues. L'alimentation par la nappe peut permettre la création de milieux oligotrophes* (pauvres en matières nutritives), rares en plaine. Ces milieux s'avèrent enfin complémentaires du chenal principal : zones de frai des poissons et amphibiens, sites de reproduction pour le castor, lieux de pêche pour les hérons de la ripisylve*.

Exemples d'utilisation de différentes unités fonctionnelles de l'hydrosystème comme sites de reproduction (schéma basé sur les résultats des études du Haut-Rhône français)



Source : Amoros et Petts 1993

UNE RECHARGE DE LA NAPPE^{F3}

Pendant les crues, les eaux du fleuve peuvent pénétrer dans la plaine par l'intermédiaire des bras annexes, et s'infiltrer

dans la nappe phréatique.

Certains bras sont gérés de façon à assurer une recharge de la nappe; à l'île de la Platière, la réalimentation d'un bras du Rhône permet un relèvement notable de la nappe, essentiel au maintien de la forêt alluviale^{F6}.

RÉGULATION DES NUTRIMENTS*, TOXIQUES ET MES^{F5, F6, F7}

Il existe une grande variété de situations dans ces domaines.

Les bras les plus actifs, remaniés lors de chaque crue, ne peuvent jouer que peu de rôle du fait de la faiblesse de la sédimentation et de la végétalisation.

Certains chenaux annexes, bien végétalisés, jouent un rôle non négligeable de pièges à sédiments et nutriments (zone de « peigne », zone dite « tampon »).

MENACES ET ATTEINTES

Les annexes fluviales constituent des milieux fragiles, dont l'intérêt est remis en cause par de nombreux effets d'impacts :

- **destruction directe** : Les grands aménagements fluviaux sont à l'origine de destructions importantes : comblement, extraction^{M7}... Ainsi, les deux grands bassins de tressage du Haut-Rhône, Chautagne et Brégner-Cordon, ont vu la longueur de bras passer de 80 à 21 kilomètres après aménagement (Coulet et al. 1997). De façon plus insidieuse, les annexes font l'objet d'un véritable « grignotage » : remblaiement partiel ou complet pour l'agriculture ou l'urbanisation, dépôts de détritiques...
- **diminution de la dynamique fluviale^{M3, M4}** : comblement par sédimentation, arrêt de la création de nouvelles annexes par le cours d'eau...
- **diminution de l'alimentation en eau** : baisse des nappes^{M3}, pompages, dérivation, drainage, nivellement...
- **pollution^{M1}** : rejets d'eaux usées, apports de nutriments par les nappes...
- **artificialisation^{M8}** : recusement pour la pêche ou la chasse, piétinement des berges, dégagement excessif de la végétation des berges...
- **coupure^{M6}** par des obstacles : passages à gué...





OBJECTIFS, ACTIONS

Au delà de la protection de l'intégrité des milieux, les annexes méritent une attention particulière en matière de préservation et de restauration. Quelques objectifs sont particulièrement importants :

- Restaurer la dynamique fluviale^{97z}, pour que la rivière puisse recréer de nouvelles annexes.
- Protéger ou restaurer l'alimentation en eau des annexes fluviales^{98a} :
 - recreusement^{98b},
 - réalimentation gravitaire^{98c},
 - gestion des pompages agricoles ou industriels^{98d},
 - relèvement des débits réservés^{98e}.
- Restaurer les connexions entre l'annexe et le cours d'eau :
 - enlèvement d'obstacles,
 - gestion de la végétation : restauration des flux de crue^{98f}.
- Améliorer la qualité de l'eau^{98g} :
 - déplacement de rejets polluants^{98h}...

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Verniers G., 1993. Entre terre et rivière. Des zones humides à préserver. Agence de l'eau Seine-Normandie, 48p.

Amoros C. et Petts (G.E.), 1993. Hydrosystèmes fluviaux. Masson, 295 p.

ÉTUDES DE CAS

K5 : Vallée de l'Allier

K6 : Basses vallées angevines

K7 : Ried du Rhin : le Breitsangiessen

K10 : Vallée alluviale de la Moselle





ZONES HUMIDES D'ALTITUDE : LACS, MARAIS ET TOURBIÈRES



DESCRIPTION

Les zones humides d'altitude sont complexes. Le modelage glaciaire en est souvent à l'origine. A l'ère post-glaciaire, l'érosion remanie les énormes volumes de placages et dépôts morainiques. Les éléments les plus fins étanchéifient le fonds des dépressions où s'implantent lacs, tourbières et autres milieux humides d'altitude.

LES LACS : UNE ORIGINE SURTOUT GLACIAIRE, MAIS AVEC UNE GRANDE DIVERSITÉ

Un lac de montagne est une cavité d'eau stagnante de profondeur supérieure à 3 mètres et de surface supérieure à 0,5 hectare. La majorité des lacs de montagne doit son origine à des dépressions surcreusées par des langues glaciaires ainsi qu'à des barrages morainiques déposés lors du retrait des glaciers.



Photo A. Morand

Lac d'altitude oligotrophe dans le massif du Beaufortin (Haute-Savoie).*

On distingue :

- Les lacs polaires : proches des glaciers et formés de roches nues et de glace, leur bassin versant* est situé entre 2800 et 3400 m. Ils subissent des conditions extrêmes : une durée de prise de glace de 10 mois et plus, une température de surface de l'eau en été inférieure à 5 °C.
- Les lacs froids : formés essentiellement de roches, leur bassin versant est situé entre 2600 m et 2900 m. Les conditions climatiques sont rudes (durée de prise de glace de 8 à 9 mois, une température de surface de l'eau en été inférieure à 9 °C).
- Les lacs de pelouse : leur bassin versant, couvert de pelouse, est situé entre 2300 et 2700 m. Ils présentent une minéralisation plus élevée en raison d'une couverture lithologique le plus souvent calcaire. Les conditions cli-

matiques sont moins rudes (Température de l'eau en été de l'ordre de 12 °C, durée de prise de glace de 7 à 8 mois)

- Les lacs verts : situé entre 2000 et 2300 m, leur bassin versant est complexe, comprenant généralement des arbres. Ils sont les plus chauds (température estivale de plus de 15 °C, durée de gel inférieure à 6 mois) et très riches en matières organiques.
- Les grands lacs : situés au cœur du massif alpin ou en périphérie, ils s'opposent aux autres en raison d'une grande taille, leur profondeur importante et leur brusque fluctuation au cours d'une année.

LES MILIEUX FONTINAUX ET LES SOURCES

L'eau jaillit du substratum (source) puis circule sur un versant plus ou moins pentu en jaillissant ou suintant, sur un sol acide ou alcalin. La pente favorise ces phénomènes d'émergence et de ruissellements fontinaux pouvant donner naissance à des milieux particuliers, comme les tourbières de transition.

MARAI ET TOURBIÈRES : DES ZONES DE TRANSITION

Les marais englobent divers types de milieux aux faibles profondeurs, allant des roselières qui entourent les lacs aux prés marécageux. Leur régime d'inondation dépend autant des précipitations que des apports d'eau du bassin versant notamment les sources et les pertes des fissures de substratum calcaire. Par la simple accumulation de la matière organique morte issue de la décomposition végétale et de la rétention des particules minérales apportées par les eaux de ruissellement, le comblement des marais est naturel et inéluctable.

Les tourbières sont, par définition, des zones humides colonisées par la végétation dont les conditions écologiques particulières ont permis la formation d'un sol constitué d'un dépôt de tourbe. La tourbe est une roche organique qui résulte d'une dégradation incomplète de débris végétaux dans un milieu saturé en eau. En altitude, les végétaux à l'origine de la tourbe sont essentiellement les sphaignes. Les tourbières résultent d'un processus lent, étalé sur des milliers d'années. La condition indispensable à la formation d'une tourbière est un bilan hydrique excédentaire qui, selon son origine (atterrissement* progressif d'une pièce d'eau, pluie, neige, brouillard, ruissellement) et son mode d'alimentation hydrique, permet d'identifier et de décrire différents types de tourbières.

La classification moderne tient compte à la fois de l'origine et du mode d'alimentation hydrique.





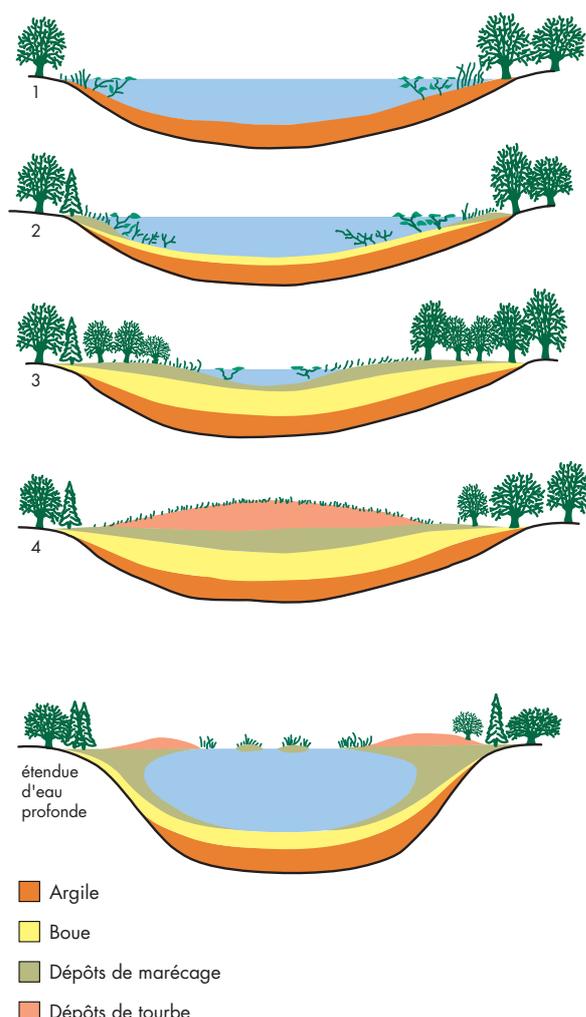
LES TOURBIÈRES DE HAUT MARAIS (TOURBIÈRES HAUTES OU BOMBÉES)

Ce sont des tourbières acides et oligotrophes*, strictement dépendantes de l'eau de pluie, de la neige ou du brouillard. Sous nos latitudes, ces tourbières se trouvent dans des régions froides et humides.

LES TOURBIÈRES DE BAS MARAIS (BASSES OU PLATES)

Les eaux proviennent d'écoulement latéraux et ont été en contact avec le sous-sol. Enrichies en substances minérales dissoutes, ces tourbières peuvent être acides ou alcalines, oligotrophes à eutrophes*.

La transformation d'un marécage en une tourbière



USAGES

UNE ACTIVITÉ PASTORALE LIÉE À L'EAU

Marais et prairies humides constituent des pâturages riches et diversifiés. En montagne, un des problèmes de l'élevage est celui de l'alimentation en eau du bétail. Tous les plans d'eau (lacs, sources, marais...) peuvent être utilisés. Dans les régions karstiques*, des plans d'eau artificiels au fond recouvert de bâches plastiques ou goyas sont créés et utilisés comme mare-abreuvoir.

DE L'EXPLOITATION TRADITIONNELLE DE LA TOURBE À SON INDUSTRIALISATION

L'exploitation traditionnelle de la tourbe se pratique pour fournir de l'amendement essentiellement. Il s'agit de petites exploitations respectueuses du fonctionnement de la tourbière. L'extraction en bandes étroites de moins d'un mètre de profondeur favorise la régénération des premières séquences de la croissance d'une tourbière, même si celle-ci est très lente (par exemple, en zone montagneuse la croissance de la couche de tourbe est inférieure à 0,6 mm/an, soit pour une épaisseur de 30 centimètres la production naturelle de 5 à 600 ans).



Tourbière de Cerin (Jura). Seul vestige d'un lac, l'œil de la tourbière de Cerin dans le massif du Bugey, là où la chaîne Jurassienne prend des allures méridionales comprend 12 plantes protégées dont le liparis de Loisel.



ZONES HUMIDES D'ALTITUDE : LACS, MARAIS ET TOURBIÈRES



A l'inverse, l'exploitation industrielle ne permet pas la durabilité du fonctionnement. La profondeur et la verticalité des berges du bassin d'exploitation ne rendent pas possible l'installation des plantes amphibies préalable indispensable à l'installation des sphaignes. L'équilibre est perturbé, la ressource en tourbe n'est plus renouvelée.

LACS D'ALTITUDE ET PÊCHE

Les lacs de montagnes sont utilisés pour la pêche. Ils ne renferment, à l'état naturel (jusqu'à 2300 m), que la truite fario. D'autres salmonidés introduits peuvent s'ajouter : truite arc-en-ciel, saumon de fontaine, omble chevalier...

FONCTIONS

UN RÔLE NON NÉGLIGEABLE DANS LA QUALITÉ ET L'ÉQUILIBRE DE L'EAU DE MONTAGNE

Malgré leurs faibles superficies et leur dispersion dans l'espace montagnard, ces milieux jouent un rôle non négligeable dans la régulation hydraulique de tête de bassin, notamment par leur rôle « d'éponge ». Ils peuvent stocker un volume important d'eau qu'ils restituent ensuite plus lentement vers l'aval par ruissellement et/ou par réalimentation de la nappe phréatique. Ces zones humides assurent également un rôle de filtration et d'épuration des eaux (dénitri-fication, piégeage et stockage de sédiments, filtration de polluants) leur permettant de restituer dans l'environnement des eaux de bonne qualité.

UNE FAUNE ET UNE FLORE SOUVENT ENDÉMIQUE ET RARE

L'eau de montagne est un milieu de vie aux conditions très particulières. Les plantes et les animaux se sont adaptés aux dures contraintes des milieux aquatiques d'altitude. Ils sont en général beaucoup moins nombreux qu'en plaine mais bénéficient en contrepartie d'adaptations originales (résistance au gel, duvet soyeux, reproduction vivipare...). Ainsi, le lézard vivipare est l'un des rares hôtes habituels des tourbières d'altitude qui n'hésite pas à plonger dans l'eau pour échapper à ses prédateurs. Chez les végétaux, les plantes carnivores (droséra, grassette commune...) et les sphaignes sont parmi les espèces les plus emblématiques des sols détrempés. Au contact des sources fraîches, la grassette des Alpes, fait partie des groupements végétaux dits « fontinaux » qui fleurissent indifféremment en étage subalpin comme en pelouse alpine. Quant aux lacs d'altitude, ils sont



Photo A. Morand

Le triton alpestre est une espèce bien représentée dans les zones humides d'altitude.

Tourbière du Drugeon couverte de trèfle d'eau.



Photo J.-L. Michéris



colonisés naturellement par peu d'espèces de vertébrés, à l'exception de la truite fario et des amphibiens (triton alpestre, grenouille rousse, l'euprocte des Pyrénées).

MENACES ET ATTEINTES

Les zones humides d'altitude sont des milieux fragiles, rares et menacés en France : leur destruction est quasiment irréversible. Un lac est toujours menacé de comblement par les sédiments⁴⁴. Marais et tourbières sont eux-mêmes des milieux de transition à l'équilibre très instable. Les milieux humides d'altitude sont des milieux d'autant plus fragiles qu'ils dépendent de deux usages de la montagne qui s'affrontent ici : l'un est l'agriculture traditionnelle et l'autre une économie touristique saisonnière tournée vers la plaine.

PASTORALISME D'HIER ET EXODE RURAL D'AUJOURD'HUI

L'exploitation était autrefois familiale et chacun assurait la garde de son troupeau. L'abandon des pratiques traditionnelles de gestion (agriculture et élevage extensifs) entraîne une fermeture⁴⁵ des milieux ouverts (marais, tourbières). L'impact global sur la conservation des zones humides est négatif (assèchement des marais et tourbières, pollution des eaux...).

LES INDUSTRIES SURCONSOMMATRICES D'EAU

Les chutes d'eau, les lacs de montagne ont favorisé l'implantation de barrages hydroélectriques qui n'ont pas permis un véritable développement économique de la montagne. L'exploitation industrielle des ressources minières (charbon, graviers et autres matériaux) constitue une autre menace importante pour les zones humides d'altitude encore présentes sur le territoire. Toutes ces activités sont très consommatrices d'énergie et d'eau⁴⁶, elles entraînent des déséquilibres dans les écosystèmes naturels, notamment une perturbation du fonctionnement hydraulique et des pollutions multiples⁴⁷.

DES AMÉNAGEMENTS TOURISTIQUES ANARCHIQUES

La multiplication anarchique et incontrôlée de projet d'aménagements touristiques et le développement des parcours d'aventure et sportif ou d'activités de pêche dans les plans d'eau sont néfastes à de nombreuses zones humides :

- l'alevinage artificiel et le lâcher de poissons exotiques⁴⁸ dans les lacs de montagne menacent très sérieusement les populations naturelles d'amphibiens qui sont des

proies faciles pour ces nouveaux prédateurs,

- les tourbières, milieux facilement accessibles et présentant des groupements végétaux riches et diversifiés, font les frais d'une récolte facile des fleurs ou du sur-piétinement,
- l'augmentation du domaine skiable pistes de ski et la mode nouvelle des enneigements artificiels menacent aussi les prairies humides ou les lacs de montagne par des pompages excessifs...

OBJECTIFS, ACTIONS

La conservation et la gestion des zones humides d'altitude nécessitent de mettre en relief leur importance dans l'équilibre de la montagne et de promouvoir une gestion intégrée dans le cadre plus vaste du développement du tourisme saisonnier et de l'agriculture.

DES INVENTAIRES ET UNE RÉGLEMENTATION EUROPÉENNE^{A30}

Le grand nombre et la petite taille des zones humides d'altitude rendent nécessaire un travail de localisation et de cartographie.

Sur le plan réglementaire, les milieux humides d'altitude comprennent plusieurs grands types d'habitats « Corine – Biotopes* » (Bardat, 1993). Ils sont pris en compte dans le cadre de la directive Habitats. Les tourbières y sont inscrites en annexe I (JOCE n° L 305, 8 novembre 1997). Plusieurs d'entre elles sont des habitats prioritaires. Leur prise en compte permet à certaines d'être désignées comme « Zones Spéciales de Conservation » bénéficiant d'un document d'objectifs, elles peuvent être intégrées au réseau européen Natura 2000.

UNE ALLIANCE ENTRE NATURALISTES ET AGRICULTEURS^{A31}

La gestion de ces milieux peut être confiée à des organismes de gestion des milieux naturels (comme les Conservatoires des Sites Régionaux) ou mieux encore être envisagée en partenariat avec les agriculteurs. Cette gestion contractuelle élaborée, dans le cadre de mesures agri-environnementales, s'applique à un certain nombre de zones humides d'altitude dont les marais et les tourbières.

RESPECTER LE FONCTIONNEMENT, LA FAUNE ET LA FLORE

Un des objectifs prioritaires est de ne pas perturber le fonctionnement hydraulique de ces zones humides pouvant notamment accélérer les processus de comblement et/ou de fermeture du milieu. Une étude d'impact hydraulique^{A3} et





ZONES HUMIDES D'ALTITUDE : LACS, MARAIS ET TOURBIÈRES



des conséquences sur la faune et la flore doit être entreprise avant l'acceptation de tout projet d'aménagement (projet d'enneigement artificiel...).

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Dupieux N., 1998. La gestion conservatoire des tourbières de France. Premiers éléments scientifiques et techniques. Espaces Naturels de France, programme Life « Tourbière de France », 244 p.

Fischesser B., 1982. La vie de la montagne, 257 p.

Fischesser B. & Dupuis-Tate M. F., 1987. Les zones humides d'altitude. Ed. Ministère de l'environnement et Ministère de l'Agriculture 64 p.

Martinot J. M. (non daté). Lac de Montagne, mieux connaître et bien gérer. 36 p.

Manneville O., Vergne V., Villepoux O. et le Groupe d'Études des Tourbières. 1999. Le monde des tourbières et des marais. Guide Delachaux et Niestlé S. A. Paris.

ÉTUDES DE CAS

K2 : Drugeon





ZH DE PLAINE : MARAIS DÉCONNECTÉS, TOURBIÈRES, LANDES HUMIDES



DESCRIPTION

LES MARAIS DE PLAINE

Ces marais sont déconnectés du système fluvial. En plus des précipitations, ils sont alimentés principalement par des eaux de ruissellement, ou par des eaux souterraines. Ils sont établis dans des dépressions intermédiaires entre les points élevés des bassins et les points bas des fonds de vallées. Dans les deux cas, ces marais peuvent constituer des cuvettes sans exutoire significatif, les écoulements ne se manifestant que lorsque les entrées d'eau dépassent les capacités de rétention des systèmes (effet de seuil). Dans d'autres cas, ils peuvent alimenter des écoulements souterrains à l'aval. En fonction de leur alimentation, les marais peuvent être permanents ou temporaires.

La végétation des marais varie en fonction de la composition du sol et du mode d'occupation du bassin versant* auquel ils appartiennent. Une typologie des marais a été proposée par Wheeler (1984), elle est présentée dans Barnaud G. 1998, « Conservation des zones humides ».



Photo J.L. Michélet

En France, les marais de Saint Gond, la plaine des Maures, les Chambarands, la Grande Brière, le marais Poitevin sont des exemples de marais déconnectés du système fluvial.

LES TOURBIÈRES DE BAS-MARAIS

Comme les marais de plaine, les tourbières sont alimentées par les eaux de ruissellement, les précipitations et la nappe phréatique. L'accumulation de matière organique mal décomposée produit de la tourbe sur laquelle se développe une végétation particulière. L'engorgement permanent et l'asphyxie du sol qui en résulte limitent considérablement les processus microbiologiques du sol en bloquant la nitrification.

LES LANDES HUMIDES

On distingue différents types de landes par rapport à leur situation géographique et au niveau de la nappe phréatique. Les landes humides occupent le niveau supérieur. La nappe phréatique est sub-affleurante pendant tout l'hiver et en l'absence de réseau hydraulique artificiel, il suffit d'un faible surcroît de précipitation pour que la lande soit totalement submergée. L'écoulement des eaux est difficile du fait de leur éloignement par rapport à la vallée. La composition des communautés floristiques des landes humides résulte à la fois de la proximité de la nappe phréatique, de la nature du sol et du type d'entretien pratiqué. Ces milieux sont essentiellement situés en Gascogne, dans la forêt landaise et en Sologne.

USAGES

CHASSE ET LOISIRS

Les marais sont des sites fréquentés par les chasseurs, les pêcheurs, les naturalistes et les promeneurs.

TOURBE HORTICOLE

Actuellement, l'exploitation de la tourbe est surtout destinée à l'horticulture.

PÂTURAGE : EN VOIE D'ABANDON

L'homme a utilisé les landes humides comme parcours à moutons depuis une époque très ancienne. À l'heure actuelle, les rares landes humides existantes ne sont plus exploitées pour le pâturage et laissées à l'abandon.

FONCTIONS

LES MARAIS, VÉRITABLE « LAGUNAGE » NATUREL

La végétation des marais, surtout les roselières et le phytoplancton, consomment les nutriments* des eaux de surface et/ou des eaux souterraines (absorption racinaire directe et/ou dénitrification[®]). Ce potentiel autoépuration est tel que des roselières artificielles sont plantées en annexe de

Le lagunage est une solution naturelle d'épuration de petites quantités d'eaux usées, où l'écosystème aquatique joue un rôle biologique remarquable en trois phases : les matières organiques polluantes sont transformées par les bactéries en matières minérales, celles-ci sont alors absorbées par les algues microscopiques très nombreuses, enfin, des organismes de petites tailles consomment les algues et les bactéries.





station d'épuration. Il s'agit alors de lagunage (zone humide artificielle).

LANDES HUMIDES : UNE AUTOÉPURATION* SUPPOSÉE

Bien qu'aucune étude scientifique n'ait été réalisée sur ce thème, on peut supposer que les landes humides assurent une fonction d'autoépuration* des nutriments* :

- soit par absorption par la végétation,
- soit par dénitrification^{FS} en période de submersion (remontée de la nappe).

UN RÔLE DE STOCKAGE ET D'ÉPONGE

Lors d'épisodes pluvieux intenses, ces zones humides peuvent constituer des zones d'accumulation des eaux de ruissellement et limiter les volumes transités à l'aval^{F1}. Elles peuvent ensuite restituer une partie de ces volumes d'eau vers la nappe phréatique (rôle d'éponge) ou vers les cours d'eau^{F2, F3}.

LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

Au sein de ces zones humides de plaine, différentes ceintures végétales d'intérêt patrimonial se succèdent, constituées de joncs, laïches, roseaux, myriophylles, sphaignes, plantes carnivores... La diversité faunistique des marais est importante : insectes, amphibiens, oiseaux y trouvent tranquillité et nourriture.

MENACES ET ATTEINTES

UNE GRANDE VALEUR PATRIMONIALE

Les tourbières de plaine ont un rôle important dans la conservation de la diversité^{FS}. Leur rareté leur confère un fort intérêt patrimonial, tant sur le plan biologique (espèces rares et protégées) que « paléoécologiques » parce qu'elles traduisent l'histoire de l'évolution des milieux.

L'ASSÈCHEMENT ET LA FERMETURE DES MILIEUX

La cause de disparition principale de ces zones humides est l'assèchement par drainage. Un assèchement indirect peut avoir lieu à cause de prélèvements d'eau trop importants^{M2} et suite à l'extraction de granulats^{M7} à proximité (abaissement de la nappe).

LA FERMETURE DU MILIEU

L'abandon de l'exploitation traditionnelle des marais et tourbières (par pâturage et écobuage) entraîne une fermeture^{M8} du milieu par le développement des boisements.

Des mesures préventives sont par exemple :

- maîtrise foncière et mesures de protection dans les POS^{A30},
- gestion de la pression agricole^{A31} pour éviter le retournement des terres et les labours.



Exploitation de la tourbe dans le marais de Saint Gond.

Photo : P. Demeyer

OBJECTIFS, ACTIONS

LA RESTAURATION DES MILIEUX

L'application de mesures agri-environnementales^{A31} implique la reconstitution de parcelles originelles de marais, tourbières et de landes humides, avec la mise en place d'une gestion pastorale traditionnelle^{A32} : le débroussaillage, le pâturage, la fauche, etc.

Le maintien du niveau d'eau requis peut être obtenu en assurant une bonne gestion de l'alimentation en eau (apports amont et nappe) et surtout un gestion des pompages^{M9}.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

CREN Rhône Alpes, Projet LIFE Tourbières.

BIBLIOGRAPHIE

Barnaud G., 1998. Conservation des zones humides : concepts et méthodes appliquées à leur caractérisation. Thèse de Doctorat, Université Rennes I, Col. Patrimoines Naturels, Vol. 34, MNHN, Paris.

Groupe d'étude et de recherche en écologie appliquée, 1985, Intérêt écologique et fragilité des zones humides des landes de Gascogne. Université de Bordeaux I.

Grillas P. Et Roché J, 1997. Végétation des marais temporaires, écologie et gestion.





ÉTANGS, MARES, BORDURES DE LACS



DESCRIPTION

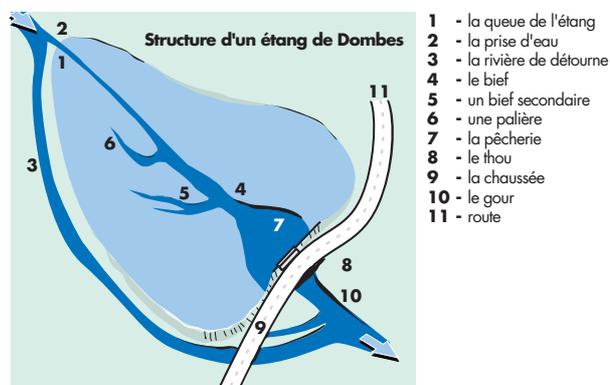
LES ZONES HUMIDES EN BORDURE DE PLANS D'EAU

Cette fiche concerne les zones humides de bordures de plans d'eau de plaine et de plateaux, à l'exception des annexes fluviales²⁴⁶ et des retenues et gravières²⁴⁰. D'après la définition internationale de la convention de Ramsar*, on considère comme zones humides les milieux possédant moins de 6 mètres d'eau, ce qui permet le développement d'une végétation aquatique.

Les étangs ont pour la plupart été creusés par les hommes dans des marais. Ils font généralement l'objet d'une gestion active : réglage des niveaux, assèchements réguliers...

Les mares peuvent être assimilées à de très petits étangs; elles sont le plus souvent d'origine anthropique* (alimentation du bétail...), à l'exception de certaines situations (mares d'arrière-dunes, mares temporaires méditerranéennes...).

Les lacs sont généralement naturels, mais leurs exutoires, quand ils existent, sont souvent contrôlés par l'homme.



- 1 - la queue de l'étang
- 2 - la prise d'eau
- 3 - la rivière de détournement
- 4 - le bief
- 5 - un bief secondaire
- 6 - une palrière
- 7 - la pêcherie
- 8 - le thou
- 9 - la chaussée
- 10 - le gour
- 11 - route

Structure d'un étang de Dombes. Benmergui et Favrot, 1994



Étang de Dombes.

TYPLOGIE

Les plans d'eau peuvent être classés selon différents critères :

- origine géologique,
- profondeur (distinction entre plans d'eau peu profonds et lacs à stratification thermique),
- surface,
- richesse en éléments nutritifs (de oligotrophe* à eutrophe*),
- gestion des niveaux d'eau (plans d'eau à niveau variable ou constant, assèchement régulier ou non...).

À partir de ces facteurs, il est possible de lister les grands types de plans d'eau naturels français :

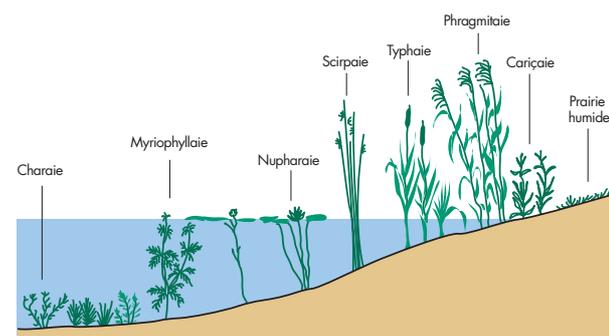
- lacs de surcreusement glaciaire (Léman, Bourget, Annecy...),
- lac d'effondrement (lac de Grand Lieu),
- étangs d'arrière dunes (Landes),
- étangs de plateaux imperméables (Dombes, Forez, Brenne, Lorraine...),
- mares,
- lacs de montagne²⁴⁷.

ZONATION DE LA VÉGÉTATION

La végétation des berges de plans d'eau présente une zonation bien connue, de la pleine eau vers la berge :

- hydrophytes* flottants (lentilles d'eau...),
- hydrophytes* immergés (plantes totalement aquatiques : naïades, charas...),
- hydrophytes à floraison extérieure (myriophilles, potamots),
- grands joncs (joncs des tonneliers...),
- typhas (roseaux en massette),
- phragmites (roseaux en plumet),
- carex (« laïches »).

les ceintures de végétation de la zone littorale



D'après Lacroix 1991





USAGES

Les étangs : Ces zones humides présentent souvent une très forte productivité biologique, favorable à la **pêche** de loisirs ou professionnelle (pisciculture : carpe, brochet...) et à la **chasse** (canards, bécassines...).

Ces plans d'eau présentent un **usage agricole** : pompage pour l'irrigation (retenues collinaires), alimentation en eau du bétail (mares), mise en culture lors de l'assec.

Les lacs et certains grands étangs sont également favorables aux **loisirs** : baignade, canotage...

L'eau potable : En 1985, les plans d'eau fournissaient 5 % de l'eau potable de la région Rhône-Alpes; leur contribution correspondait à 85 % de l'eau superficielle utilisée (Aulas 1988). Ce sont les lacs eux-mêmes plus que les zones humides littorales qui assurent cette fonction.

FONCTIONS

UN PATRIMOINE NATUREL EXCEPTIONNEL^{F5}

Les étangs et autres plans d'eau possèdent un intérêt considérable en matière de patrimoine naturel. Il s'agit de l'habitat quasi-exclusif d'un grand nombre d'espèces animales et végétales rares et menacées.

Les mares dans l'ouest de la France

Dans le département d'Eure et Loir, les mares sont de véritables refuges pour les plantes rares : elles abritent toutes les stations de *Potamogeton trichoides*, *Damasonium alisma*, 8 stations sur 10 pour *Mentha pulegium*...

Dans le département de la Vienne, la réserve naturelle du Pinail constitue une concentration de plusieurs centaines de mares issues de l'extraction de la pierre à meules. Ce site est exceptionnel pour les libellules (48 espèces), les plantes des marais... (d'après Boudier et Delahaye 1997)

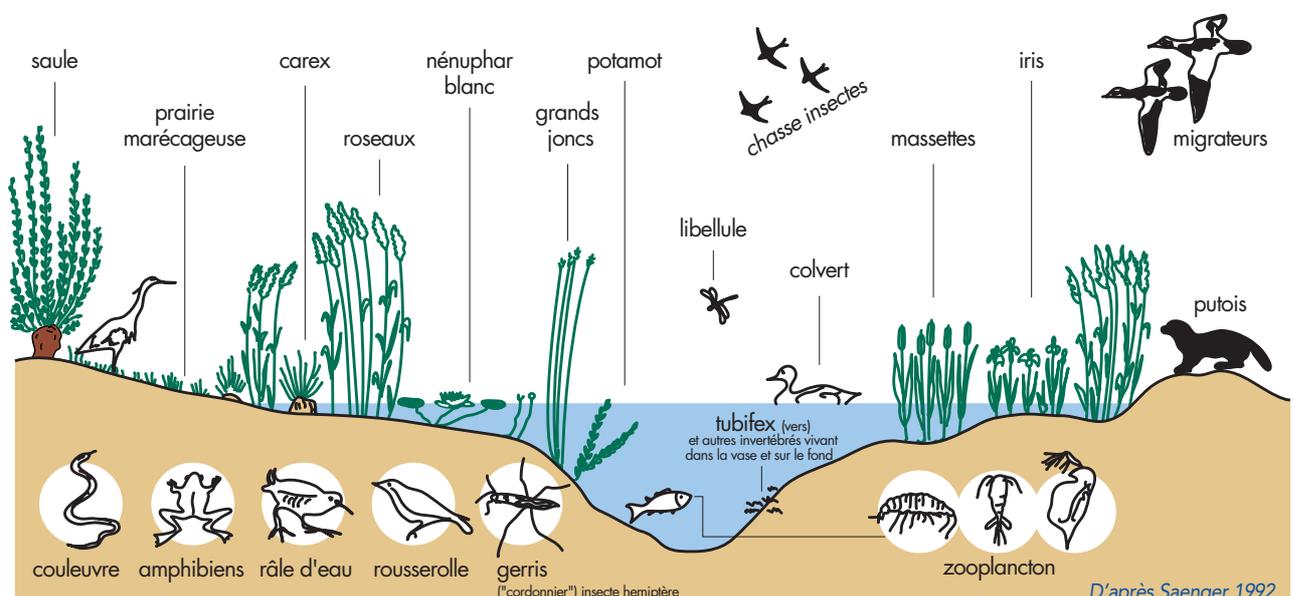
UN RÔLE ÉVENTUEL DANS L'ATTÉNUATION DES CRUES^{F1}

Les étangs et lacs jouent un rôle de stockage des eaux de pluie, qui participe à l'atténuation des pics de crue à l'aval. D'ailleurs, ils disposent souvent d'ouvrages de contrôle (vannes) permettant de stocker ou de déstocker un volume d'eau.

RÉGULATION DES NUTRIMENTS*, TOXIQUES ET MES^{F5, F6, F7}

La végétation aquatique des étangs et bords de lacs absorbe en été une quantité importante de nutriments. À la décomposition des végétaux, ces nutriments peuvent être déposés au fond des plans d'eau, ou remis en mouvement, à une époque moins sensible aux problèmes liés à l'euro-

Profil d'une structure schématique de l'écosystème d'un étang et utilisation spatiale des différents acteurs biologiques





ÉTANGS, MARES, BORDURES DE LACS



phisation* (surconsommation d'oxygène due à la décomposition de la matière organique).

Il faut toutefois remarquer que les étangs de pisciculture font souvent l'objet d'apports de nutriments* (engrais) destinés à accroître la productivité piscicole; les nutriments en excès peuvent alimenter les ruisseaux servant d'exutoires aux étangs, pouvant contribuer à leur eutrophisation*.

MENACES ET ATTEINTES

L'ATTERDISSEMENT* INÉLUCTABLE

Le fond de tous les plans d'eau connaît une accumulation de matières organiques (végétation et faune du plan d'eau), voire de matières minérales (apport de sédiments du bassin versant*). Il en résulte une tendance naturelle à l'atterdissement*, allant jusqu'à la disparition totale du plan d'eau, remplacé à terme par la forêt.

La vitesse de cette évolution est très variable. Elle est lente pour les plans d'eau oligotrophes* et dépourvus d'apports du bassin versant, et rapide pour les étangs eutrophes* et peu profonds. Les propriétaires d'étangs doivent généralement les entretenir (curage, assèchement, mise en assec), de façon à empêcher la colonisation par les roseaux et à évacuer ou minéraliser une partie de la matière organique...

Les étangs de Dombes : développement quantitatif, mais dégradation qualitative

On pourrait penser que les étangs de Dombes se portent bien. La surface en eau a en effet tendance à augmenter depuis quelques années, en particulier du fait de l'évolution des rythmes assec-mise en eau (traditionnellement 3 ans en eau, 2 ans à sec; de plus en plus souvent 3-4 ans en eau, 1 an à sec). Cette évolution s'explique principalement par le développement de la chasse commerciale.

En fait, la qualité environnementale de cette région se dégrade considérablement. Par exemple, les populations de canards nicheurs ont été divisées par 3 depuis 1975, pour différentes raisons : talutage des berges des étangs, intensification agricole des alentours des étangs, pression de chasse excessive...

Source : Tournier 1998

UNE GESTION DES BERGES TROP INTENSIVE

Afin de favoriser la seule production de poissons, les gestionnaires d'étangs aménagent souvent les berges en pente forte, ce qui a pour effet de supprimer ou simplifier les ceintures de végétation riveraine.

UN PATRIMOINE NATUREL FRAGILE

La fonction « patrimoine naturel » de ces zones humides connaît souvent des atteintes particulières : surfréquentation, pression de chasse excessive, artificialisation des peuplements piscicoles...

Les roselières des bordures de lacs sont très fragiles. Sur le lac du Bourget, elles ont considérablement régressé pour différentes raisons : artificialisation des niveaux d'eau (niveaux trop hauts en été, pour les loisirs), vagues, eutrophisation*, pénétration des bateaux...

Dans certains plans d'eau, la prolifération de plantes exotiques invasives (jussie, myriophylle du Brésil...) peut entraîner une très forte diminution de la diversité biologique. Ce problème est particulièrement fort sur les étangs du sud-ouest de la France.

LA QUALITÉ ET LA QUANTITÉ DE L'EAU : UN ÉQUILIBRE DIFFICILE

La pollution^m peut entraîner une dégradation de la qualité des plans d'eau : eutrophisation* (déficit en oxygène...); elle peut provenir de rejets domestiques ou industriels, ou d'apports excessifs de nutriments (production piscicole).

Les étangs connaissent des équilibres hydrobiologiques précaires qui peuvent être remis en cause facilement. De nombreux étangs connaissent une pollution dont il est difficile de connaître les effets : ruissellement de produits phytosanitaires (pesticides...), plombs de chasse (saturnisme chez les canards).

Le botulisme est une maladie responsable de mortalités massives d'oiseaux d'eau (lac de Grand Lieu...); elle semble liée pour partie à l'eutrophisation excessive des plans d'eau.

Par ailleurs, la gestion des plans d'eau a des conséquences parfois importantes sur les espaces environnants. Une mauvaise gestion des étangs peut entraîner un assèchement de petits cours d'eau descendant du plateau et provoquer une aggravation des pics de crue.

DANS CERTAINES RÉGIONS, LA DISPARITION DES PLANS D'EAU

Les étangs sont rarement asséchés car ils possèdent une forte valeur économique (chasse, pêche). Par contre, les mares sont particulièrement menacées par l'évolution des pratiques agricoles (par exemple, agrandissement des prés et diminution concomitante du nombre de points d'eau nécessaires).





OBJECTIFS, ACTIONS

DE NÉCESSAIRES ACTIONS DE RESTAURATION ET GESTION

Une bonne gestion des étangs et bordures de lacs peut passer par différentes actions :

- Préserver l'intégrité du milieu⁵⁶¹ :
 - préservation physique du milieu (éviter l'assèchement),
 - éviter une gestion tournée vers un usage unique.
- Contrôler le fonctionnement hydraulique et écologique :
 - contrôle des successions végétales⁵⁶⁷,
 - prévention de l'eutrophisation⁵⁶⁶.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

AULAS (F.), 1988, Plans d'eau. De l'autre coté du miroir. Agence de l'eau RMC, IIGGE, 127 p.

LACROIX (G.), 1991. Lacs et rivières, milieux vivants. Bordas écologie. 255 p.

Tour du Valat, Gestion des mares temporaires méditerranéennes, MedWet.

TEISSIER-ENSMINGER (A.), SAJALOLI (B.) (sous la direction de), 1997. Radioscopie des mares. L'Harmattan, 288 p.

RÉFÉRENCES, COMPÉTENCES

Lac du Bourget. Conservatoire du patrimoine naturel de Savoie, Le Prieuré, BP 51, 73372 Le Bourget du Lac. Tél. : 0479252032 et 0479253226.

Étangs de Dombes. Office National de la Chasse, Montfort, 01330 Birieux. Tél. : 0474981923, fax : 0474981411.

Mares méditerranéennes. Station biologique de la Tour du Valat, le Sambuc, 13200 Arles. Tél. : 0490972013, fax : 0490972019.

ÉTUDES DE CAS

K8 : Le Bas-Armagnac



PLANS D'EAU ARTIFICIELS



DESCRIPTION

Différents types de plans d'eau artificiels peuvent être distingués. Sur leurs berges, une végétation palustre peut se développer et constituer alors une zone humide



Un barrage important est peu favorable à la création d'une zone humide.

Une retenue est une masse d'eau accumulée par un barrage ou une digue, dont le débit de fuite est généralement contrôlé par l'homme. La retenue forme généralement un lac de barrage avec, sur les bordures, des zones humides associées.

Les carrières en eau sont des plans d'eau artificiels créés après extraction de matériaux dans le sol et mise à nu de la nappe phréatique.

Les marais artificiels ou d'origine anthropique* : la création par l'homme de surfaces imperméables (remblais compactés, dépôts d'argiles...) permet la création de mares, marais ou plans d'eau. Ces zones humides sont souvent temporaires (assèchement estival), et parfois permanentes.

Ces milieux sont situés sur l'ensemble du territoire français.

NB : Autres zones humides artificielles non traitées dans ce guide : bassins de lagunage, bassins de décantation industrielle, autoroutier...

USAGES

L'ALIMENTATION EN EAU ET L'IRRIGATION

Les retenues peuvent contribuer à l'alimentation en eau potable (pompage direct ou soutien aux étiages) ou à l'irrigation des terres agricoles.

Du fait de leur faible renouvellement des eaux, ces milieux sont pauvres en oxygène. Un relargage du fer et du man-

ganèse peut apparaître et rendre l'eau impropre à la consommation sans un traitement lourd et coûteux.

LES LOISIRS

Les carrières en eau sont utilisées pour les loisirs et plus rarement pour la ressource en eau. Elles peuvent aussi avoir une vocation patrimoniale importante : apparition d'une flore particulière et intéressante, une faune riche et diversifiée (avifaune*).

Les carrières en eau sont généralement réaménagées pour une vocation de loisirs : baignade, sports nautiques, pêche, chasse.

Dans le cas de Miribel-Jonage (69), elles jouent un rôle de stockage d'eau pour le pompage de secours situé dans le lac pour l'alimentation en eau potable de l'agglomération lyonnaise.

FONCTIONS

L'ÉCRÊTAGE DES CRUES

Les retenues peuvent être gérées pour écrêter les crues¹ par la vidange partielle d'un volume correspondant aux crues potentielles. Certaines retenues ont été construites avec cette vocation principale, comme les réservoirs de l'Aube, de la Seine et de la Marne protégeant Paris des inondations, ou le barrage de Villerest sur la Loire. Dans ce cas, les zones humides associées aux plans d'eau artificiels jouent un rôle hydraulique secondaire par rapport à celui de la retenue elle-même. Cette atténuation des crues, notamment printanière, a par ailleurs un effet négatif sur le lit mineur des cours d'eau par la diminution de l'entretien et du rajeunissement naturel.

LE SOUTIEN D'ÉTIAGE

Par leur fonction de stockage, les retenues au fil de l'eau soutiennent les étiages² (cf. barrage de Villerest, en plus d'écrêtement des crues). Modifiant localement la piézométrie, les retenues n'ont qu'un rôle ponctuel et local dans la recharge des nappes³. Les carrières en eau n'ont que rarement un rôle dans le soutien aux étiages. Cette fonction nécessite un volume important et des prises d'eau en amont et une vanne en aval. La gestion du niveau d'eau dans la carrière est alors totalement artificielle.

STOCKAGE DU DÉBIT SOLIDE

Les retenues stockent le débit solide charrié par le cours d'eau⁴. Les carrières en eau déconnectées de systèmes fluviaux ne jouent aucun rôle dans la recharge du débit solide.



LA RÉGULATION DES NUTRIMENTS*

La régulation des nutriments^{rs} dans les carrières en eau par la zone humide associée des berges (végétation palustre) n'est pas un fait unanimement reconnu mais observé quelquefois.

Au niveau des berges des retenues, la végétation peut jouer un rôle important dans la régulation des éléments nutritifs et des polluants par absorption et consommation directe. Mais à la sénescence des végétaux, un relargage dans le milieu aquatique peut avoir lieu et créer ainsi des conditions propices à l'eutrophisation* (asphyxie des plans d'eau) suivant le temps de renouvellement du volume d'eau.

Certaines observations ont montré un potentiel autoépuration dans des plans d'eau, notamment en ce qui concerne l'abatement en nitrates.

Un effet de « peigne » de la végétation palustre pour les matières en suspension peut aussi exister et s'avérer efficace pour leur rétention.

Dans le cas de plans d'eau successifs, un piégeage des matières en suspension lors des crues peut être observé notamment sur les plans d'eau de Miribel Jonage (69 et 01) et une diminution des teneurs en nitrates apparaît d'amont en aval le long des plans d'eau successifs.

UNE VÉGÉTATION INTÉRESSANTE MAIS SOUMISE À UNE GESTION TOTALEMENT ARTIFICIELLE

Les retenues peuvent présenter un intérêt patrimonial, en particulier en permettant le stationnement des oiseaux d'eau et en abritant parfois des ceintures de végétation proches de celles des étangs et des lacs. Toutefois, l'intérêt de ces milieux est limité par l'artificialisation de leur gestion : marnage* souvent important, batillage en cas de navigation, curage du plan d'eau... La végétalisation des berges par des ceintures végétales résistantes au marnage peut permettre de pallier ce genre d'inconvénient (Étude Carex, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 1993-1997).

De nombreuses carrières présentent un intérêt certain pour les oiseaux migrateurs et hivernants. Pour les végétaux vasculaires, les carrières participent de façon plus nuancée au maintien de la biodiversité*, excepté pour des carrières depuis longtemps inexploitées (Zones Humides et carrières en Île de France, 1995).

Pour toutes les zones humides artificielles, une dynamique spontanée de la végétation peut apparaître. Elles peuvent acquérir *in fine*, un intérêt écologique par une gestion adaptée.

L'abandon de la carrière d'Arjuzanx (Landes) a permis la création spontanée de véritables tourbières à sphaignes, témoin d'une dynamique spontanée de la végétation. Cette dynamique semi-naturelle a conduit depuis l'abandon de leur exploitation industrielle, à un état de zones humides d'intérêt écologique, gérées avec une vocation d'espaces naturels remarquables.

MENACES ET ATTEINTES

L'EXTRACTION DES GRANULATS^{nr}

L'extraction des granulats a longtemps été pratiquée dans le lit mineur des cours d'eau et sur leurs annexes, supprimant ainsi des zones humides remarquables.

RÉAMÉNAGEMENT DE CARRIÈRES EN PLANS D'EAU

- Conséquences hydrogéologiques
Les carrières réaménagées en plan d'eau^{nr} modifient le niveau piézométrique local (abaissement à l'amont, relèvement à l'aval) ce qui induit une modification de la répartition des zones humides.
- Conséquences qualitatives
Du fait de l'absence d'horizon superficiel, la vulnérabilité de la nappe au droit du plan d'eau est augmentée. Des phénomènes d'eutrophisationⁿⁱ peuvent apparaître dans les plans d'eau dont la vitesse de renouvellement de l'eau est faible ou nulle et dont les apports en nutriments sont importants.

La création de plan d'eau de loisirs peut engendrer une surfréquentation du site importante^{ns}, nuisible à la flore (piétinement, arrachage) comme à la faune (dérangement, chasse).

Les retenues d'eau sont quelques fois soumises à des pollutions directes (arrivées d'eau de ruissellements, de rejets non traités) et/ou à un marnage important du à la gestion des niveaux d'eau^{ns} et/ou à un batillage du au passage d'embarcations.





PLANS D'EAU ARTIFICIELS



OBJECTIFS, ACTIONS

VERS UNE MEILLEURE GESTION DÈS LA CONCEPTION DES PROJETS

La création de plans d'eau est soumise à des décrets régissant les autorisations préfectorales d'ouvertures et de fermetures de carrière (décret n° 94-484 du 9 juin 1994 relatif aux installations classées). Dans les documents d'étude d'impacts doivent notamment apparaître :

- le descriptif des réaménagements « écologiques » des carrières en eau^{A16} après exploitation avec mention de la géométrie des berges^{A17},

Des règles de fréquentation doivent être instaurées lors de la création de plan d'eau^{A32}.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Les zones humides du bassin Seine-Normandie, un patrimoine à protéger, 09/97, Zones Humides et carrières en Île de France, 1995.

FICHES DE CAS

K2 : Lac du Der





LES FONCTIONS DES ZONES HUMIDES

SOMMAIRE

F1	EXPANSION DES CRUES
F2	RÉGULATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE
F3	RECHARGE DES NAPPES
F4	RECHARGE DU DÉBIT SOLIDE DES COURS D'EAU
F5	RÉGULATION DES NUTRIMENTS
F6	RÉTENTION DES TOXIQUES (MICROPOLLUANTS)
F7	INTERCEPTION DES MATIÈRES EN SUSPENSION
F8	PATRIMOINE NATUREL

QUITTER





Vasières et prés salés, vases...

Lagunes et marais saumâtres

Lits mineurs

Forêts alluviales et ripisylves

Marais fluviaux, prairies humides

Annexes fluviales

Zones humides d'altitude...

ZH de plaine : marais...

Étangs, mares, bordures de lac

Plans d'eau artificiels

ZH1 ZH2 ZH3 ZH4 ZH5 ZH6 ZH7 ZH8 ZH9 ZH10

Les zones humides assurent des fonctions concernant :

- la régulation hydraulique,
- l'amélioration de la qualité des eaux,
- le maintien d'un écosystème et d'une grande biodiversité.

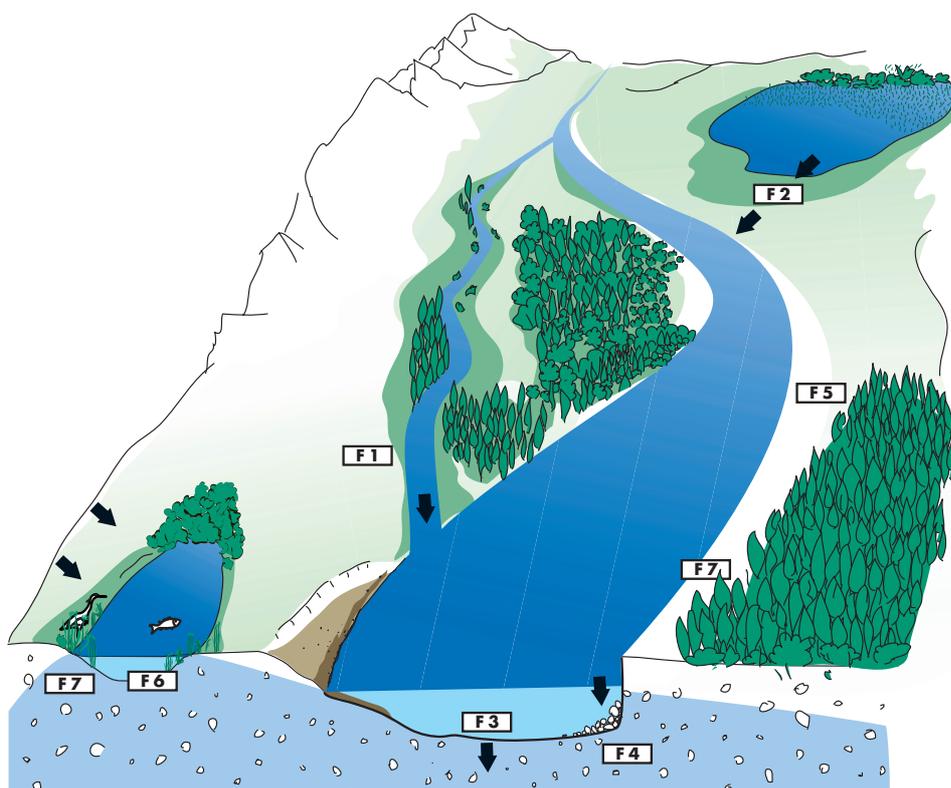
Forte 

Faible, moyenne 

Aucune 



- F1 Expansion des crues
- F2 Régulation des débits d'étiages
- F3 Recharge des nappes
- F4 Recharge du débit solide des cours d'eau
- F5 Régulation des nutriments
- F6 Rétention des toxiques (micropolluants)
- F7 Interception des matières en suspension
- F8 Patrimoine naturel





EXPANSION DES CRUES



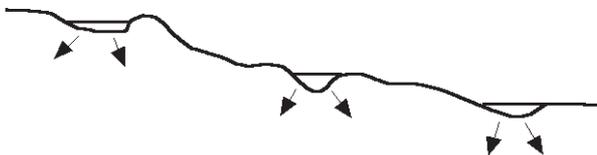
Grâce aux volumes d'eau qu'elles peuvent stocker, les zones humides évitent une surélévation des lignes d'eau de crue à l'aval. L'atténuation des crues peut avoir lieu sur l'intégralité du bassin versant*. Au niveau national, la politique actuelle de protection contre les risques

d'inondation des zones urbaines ou sensibles consiste à favoriser l'expansion de la crue dans tous les secteurs où cela est possible. Toute zone humide peut contribuer au laminage d'une crue, autant les zones humides d'altitude que les lits majeurs des cours d'eau.

MÉCANISMES

L'EFFET « ÉPONGE »

Toute dépression dans le paysage est susceptible de stocker un certain volume d'eau en surface et, dans une moindre mesure, dans les sols ou les sédiments sous-jacents (effet « d'éponge »). Les capacités de rétention des dépressions finissent par être saturées et leur efficacité s'anule. La restitution des volumes stockés au cours d'eau a lieu par un mécanisme de ressuyage plus ou moins rapide.



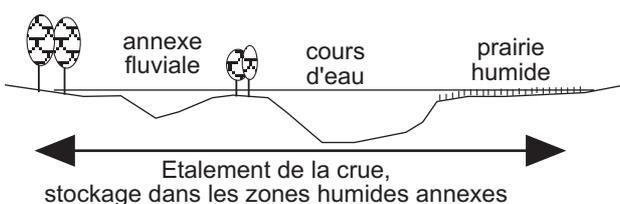
Stockage dans les zones humides. Ce type de régulation est particulièrement important pour les secteurs amont des bassins versants.*



Restitution de tout ou partie du volume stocké.

L'EFFET D'ÉTALEMENT

Dans les plaines alluviales, l'épandage du débit de crue de part et d'autre du cours d'eau dans les zones humides



On a constaté, sans que cela soit généralisable, que 5 % de la surface totale d'un bassin versant occupé par des zones humides dans un bassin pouvait réduire les pics de crue de 60 % environ (Ammon & al. 1981). Lors des crues de 1999 sur l'Aude, ou de 1980 et 1996 sur la Haute-Loire

annexes (marais, bras morts, prairies humides...), provoque un abaissement de la ligne d'eau au droit et à l'aval de la zone concernée.

En fonction de la rugosité (obstacles opposant une résistance à l'écoulement) de la zone humide, la vitesse sera modifiée : plus la rugosité est grande, plus la vitesse est ralentie.

ÉVALUATION

L'ÉVALUATION N'EST PAS SIMPLE.

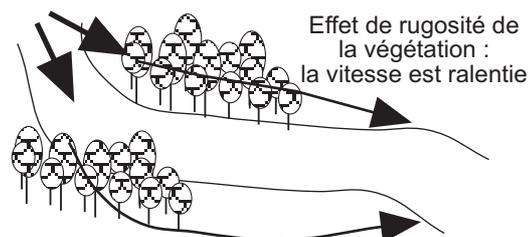
L'aptitude de la zone humide pour l'atténuation des crues dépend de nombreux facteurs :

- la rugosité des milieux liée aux obstacles susceptibles d'opposer une résistance à l'écoulement (terrain irrégulier, végétation, structures construites).
- la position dans le bassin versant,
- la superficie relativement à celle du bassin de drainage,
- ses caractéristiques morphologiques (capacité de stockage) : dépression topographique, ouverture de l'exutoire,

Les limites de son efficacité sont :

- l'accessibilité de la zone humide aux crues,
- l'intensité et la durée des précipitations,
- l'importance des précipitations récentes.

Le comportement d'une zone humide pouvant être assimilé à celui d'un réservoir, l'évaluation des capacités de rétention



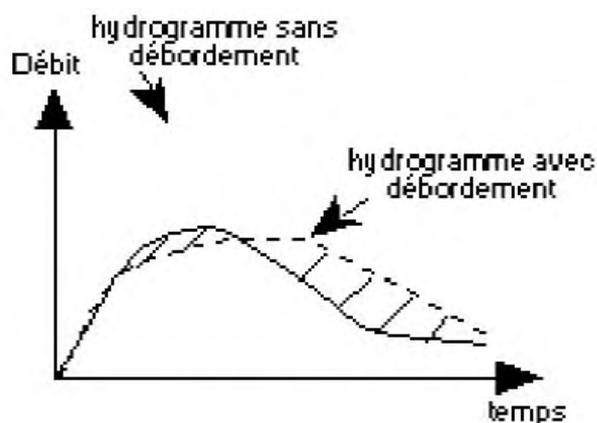
(d'origine cévennoise de type méditerranéen), des lames d'eau de 20 à 25 cm s'écoulent sur les bassins versants avec 100 à 600 mm de pluie en 24 à 48 heures, les zones humides ne servent plus à rien pour de telles périodes de retour rares dans ces bassins.



des zones de dépression peut être illustrée par une fonction linéaire du débit entrant et du débit sortant. L'hydrogramme sortant présente un pic atténué et retardé par rapport à l'hydrogramme entrant (« volumes d'eau stockés brutalement et déstockés lentement »).

Les capacités de stockage augmentent normalement au fur et à mesure que s'élargissent les plaines alluviales des bassins versants*.

Les lits à morphologie complexe offrent une plus grande résistance à l'écoulement des eaux que les cours d'eau rectilignes.



D'une façon générale, l'effet de rugosité est grand pour des conditions de faibles débits (dissipation d'énergie par frottement), et diminue avec l'augmentation des débits.

Les forêts alluviales et les ripisylves²⁴⁴ sont les plus efficaces dans l'écrêtement des crues en raison de leur forte rugosité. Avec les prairies humides, les marais fluviaux²⁴⁵ et les annexes fluviales²⁴⁶, elles concentrent l'intérêt de cette fonction pour l'étalement des crues.

EN PRATIQUE

Une modélisation difficile

La prise en compte des paramètres d'aptitude décrits plus haut doit conduire à la définition d'actions. L'enjeu peut nécessiter une modélisation mathématique des crues pour simuler les effets attendus.

Pour mesurer les effets, l'idéal serait de suivre les débits à l'amont et à l'aval de la zone humide pour connaître sa capacité d'écrêtement mais en pratique c'est très difficile.

Comparer les épisodes de crue

On peut plus facilement effectuer une carte des laisses* de crue et des surfaces inondées. La comparaison entre plusieurs épisodes de crue permet d'évaluer l'efficacité des actions entreprises pour valoriser cette fonction.

La modélisation hydraulique de la Loire moyenne révèle que l'écrêtement est pratiquement nul et le débit reste constant dans les secteurs où la Loire moyenne coule sur quelques centaines de mètres entre une digue et un coteau, lorsque la crue a conquis toute la largeur du lit (crue plus que décennale). L'écrêtement n'est sensible pour ce niveau de crue que lorsque la Loire envahit des zones non encore inondées ou faiblement inondées, effet « chasse d'eau » (Equipe Pluridisciplinaire Plan Loire, 2000 - comm. pers.).

MENACES, ACTIONS

POUR LIMITER L'ACCÉLÉRATION DES ÉCOULEMENTS :

- Lutter contre l'enfoncement du lit mineur (débordements plus rares)^{M3} :
 - restaurer la dynamique fluviale : transport solide et espace de liberté^{A14, A19},
- Réduire les effets des aménagements ruraux et des pratiques culturelles^{M8} :
 - limitation du drainage agricole^{A7, A9},
 - maintien d'une large ripisylve* en bordure de cours d'eau^{A25},
 - maintien des prairies inondables^{A26},
- Contre l'imperméabilisation^{M6} :
 - protections réglementaires^{A30} et documents d'urbanisme.

POUR MAINTENIR OU AUGMENTER LA CAPACITÉ DE STOCKAGE :

- Lutter contre le remblaiement des zones humides et la déconnexion des annexes fluviales^{M6} :
 - maintien ou création de périodes de submersions des zones humides^{A10},
 - rétablissement de connexion cours d'eau/prairie humide/marais par la connexion des bras morts ou la création de chenaux de crue^{A10},
 - création de marais avec des roselières^{A24}, ou création d'un système artificiel type bassin écrêteur contrôlé^{A20},
 - conservation d'une ripisylve entre le chenal et les zones anthropisées^{A25}.



EXPANSION DES CRUES



POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Bureaux d'Études d'Ingénieurs Conseils.

CEMAGREF, 3 quai Chauveau, 69009 Lyon.
Tél. : 0472208787, fax : 0478477875.

BIBLIOGRAPHIE

Auclerc P., 1998-1999. Lutte contre les inondations en Loire moyenne. A l'heure du bilan. Dossier de « La Loire et ses terroirs », n° 30. Équipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature.

Fustec E. et Frochot B., 1995. Les fonctions des zones humides - Synthèse bibliographique. AESN, Laboratoire de Géologie Appliquée, Univers. P. et M. Curie, Paris VI, Laboratoire d'Écologie, Université de Dijon.

Étude Ministère de l'Environnement, pilote JL Roy, « Recensement des études de restauration, entretien, reconquête des zones inondables, études de 15 cas particuliers » 1999.





RÉGULATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE



Certaines zones humides peuvent jouer un rôle naturel de soutien des débits d'étiage lorsqu'elles stockent de l'eau en période pluvieuse et la restituent lentement au cours d'eau. Cette régulation a toutefois un effet localisé et différé à l'aval de la zone humide. Cette fonction s'exprime en particulier au sein des bassins versants* d'altitude où les caractéristiques des sols leur confèrent un effet d'éponge^{F1}.

rent un effet d'éponge^{F1}.

Si l'effet d'une zone humide ponctuelle sur le soutien aux étiages n'est pas facile à démontrer, l'effet à l'échelle d'un bassin versant peut être significatif. Dans cet objectif, il est essentiel de préserver les zones humides de toute destruction partielle ou totale.

MÉCANISMES

La zone humide repose sur un substrat plus ou moins poreux qui favorise l'emménagement de volumes d'eau à l'occasion d'épisodes d'inondation ou de précipitations pendant les périodes d'hiver et de printemps. L'inertie du milieu permet la restitution lente au cours des mois d'été de ces volumes stockés. Cet effet retard contribue à équilibrer le bilan hydrologique annuel du cours d'eau concerné.

ZONES HUMIDES DE PLATEAUX

Les zones humides de plateau participent au soutien d'étiage des rivières par l'effet retard qu'elles introduisent dans la restitution de l'eau soit directement aux cours d'eau dans leur partie amont, soit à la nappe phréatique à travers leur fonction de recharge de nappe^{F3}.

ZONES HUMIDES LIÉES AUX COURS D'EAU

On considère ici que la zone humide liée aux cours d'eau est assimilable à la nappe alluviale.

Nappes alluviales connectées à une puissante nappe régionale : le débit apporté au cours d'eau en étiage par la nappe principale du coteau est dans ce cas très important au regard de ce que fournirait la nappe alluviale seule. Aussi le rôle joué par la zone humide alluviale dans le soutien d'étiage est ici marginal. C'est la nappe du coteau qui participe principalement au soutien d'étiage (par exemple, les vallées du Bassin Parisien où débouche la nappe de la Craie).

Nappes alluviales reposant sur un fond imperméable : c'est dans ce contexte hydrogéologique que le soutien aux étiages apporté par les zones humides liées aux cours d'eau est le plus net car le déstockage vers la rivière provient essentiellement de la nappe alluviale (cas de zones humides de la Garonne moyenne, sur un substrat molassique).

Plan d'eau d'une retenue et ses zones humides connexes : ils peuvent être affectés par un marnage* entraînant un débordement latéral; les zones concernées par ce débordement seront considérées comme « zones humides ». Le volume d'eau stocké en hautes eaux au droit de ces zones est restitué à la rivière en étiage par une gestion appropriée du barrage. Il participe ainsi au soutien d'étiage de la rivière.

Lac du Der^{F1}

Cas particulier : on peut ranger dans cette catégorie les lacs artificiels de régulation de la Seine qui ont été créés par dérivation de l'eau de la Seine ou de ses principaux affluents amont, et qui constituent une vaste région d'étangs et de zones humides artificielles jouant à la fois la fonction d'expansion de crue et de soutien d'étiage, tel le lac réservoir du Der.

ÉVALUATION

L'aptitude de la zone humide pour le soutien d'étiage dépend de sa situation géographique dans le bassin d'alimentation. L'efficacité sera d'autant plus grande :

- que le milieu sera situé en amont du bassin en zone inondable,
- que sa taille relative sera importante,
- que l'effet d'éponge sera plus grand.

L'impact du soutien d'étiage est à considérer par rapport au débit du cours d'eau concerné. En France, l'emprise des zones humides étant réduite, l'impact devient négligeable sur la partie aval des cours d'eau. De ce fait, la régulation des débits d'étiage n'est en général pas un objectif visé pour une seule zone humide, mais plutôt pour un ensemble des zones humides de tout un bassin versant.

A titre d'exemple, 1 km² de nappe baissant de 1 m en 4 mois ne soutiendrait une rivière que pour environ 10 l/s... Un effet notable ne peut donc résulter que d'une surface importante.





EN PRATIQUE

Il faut mettre en œuvre :

- un suivi de la piézométrie⁵⁴ de la zone humide et de ses environs,
- un suivi des débits entrant et sortant du site, et transitant dans le cours d'eau⁵².

En complément, la connaissance de la qualité de l'eau⁵⁶ est un indice de l'importance des échanges. Des méthodes hydrobiologiques⁵⁸ fournissent également un moyen original d'appréhender et de hiérarchiser le sens et l'intensité des échanges (utilisation d'indices Oligochètes par exemple).

MENACES, ACTIONS

Il s'agit principalement de tout ce qui altère le bilan hydrologique de la zone humide, c'est-à-dire la réduction de l'alimentation et de la capacité de stockage et l'accélération de la restitution aux cours d'eau.

- Pour améliorer la connexion entre zone humide et cours d'eau altéré par une incision du lit^{M3}, un endiguement^{M6}, une gestion hydraulique non concertée, etc. :
 - remettre en eau les annexes fluviales^{S14},
 - seuil en rivière^{A6},
 - relèvement de la nappe^{A8},
 - gestion intégrée du lit majeur^{A14}.
- Pour lutter contre le drainage agricole^{M2} :
 - fermeture de drains^{A7},
 - gestion agricole contractualisée^{A31}.
- Pour lutter contre les prélèvements d'eau excessifs^{M2} :
 - gestion concertée des niveaux d'eau^{UAS, A9},
 - gestion des pompages en nappe^{A9},
 - réalimentation artificielle^{A8}.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Bureaux d'Études d'Ingénieurs Conseils
CEMAGREF, 3 quai Chauveau, 69009 Lyon.
Tél. : 0472208787, fax : 0478477875.

BIBLIOGRAPHIE

Fustec E. et Frochet B., 1995. Les fonctions des zones humides - Synthèse bibliographique. AESN, Laboratoire de géologie Appliquée, Univers. P. et M. Curie, Paris VI, Laboratoire d'Écologie, Université. De Dijon.

Bize J., Bourguet L., Lemoine J., 1972. L'alimentation artificielle des nappes souterraines - Masson & Cie



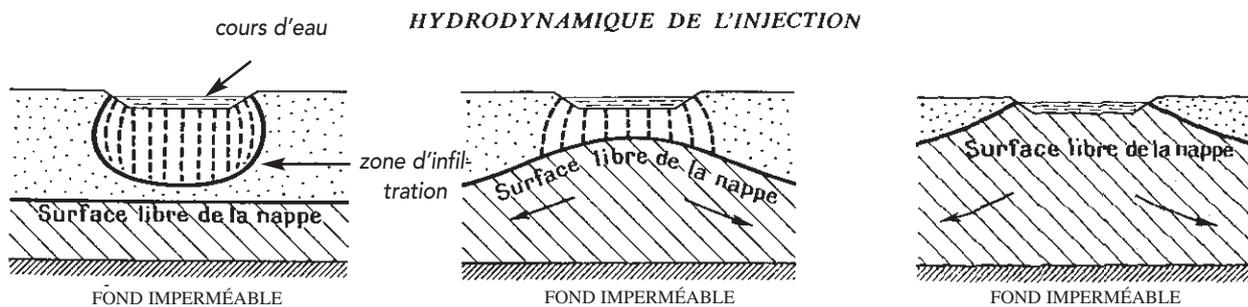


RECHARGE DES NAPPES



La recharge naturelle d'une nappe résulte de l'infiltration des précipitations ou des apports d'eaux superficielles

dans le sol et de leur stockage dans les couches perméables du sous-sol.



La recharge de nappe depuis une zone humide s'exerce localement, au droit de la zone, avec un effet spatialement limité sur l'aquifère. Cette fonction naturelle peut être soutenue par l'action de l'homme* pour améliorer la ressource en eau; l'enjeu économique peut être localement important lorsque des usages de l'eau à priori inconciliables sont rendus compatibles grâce à cette efficacité accrue de reconstitution des volumes stockés.

MÉCANISMES

Une partie des apports d'eau superficielle parcourant la zone humide s'infiltrate à travers le substrat semi-perméable. Un stockage souterrain ne peut avoir lieu que dans une nappe dont le niveau piézométrique* est inférieur à celui de la zone humide.

ÉVALUATION

UNE CAPACITÉ DE STOCKAGE EST INDISPENSABLE

La recharge de nappe s'exerce en présence d'une capacité souterraine de stockage. Les situations fréquentes, où la zone humide correspond à un exutoire de nappe dont le niveau est affleurant, excluent toute possibilité de recharge naturelle. Dans les autres situations, la capacité de stockage souterrain est d'autant plus importante que le niveau de la nappe rechargée est déconnecté du fond de la zone humide, et que les flux horizontaux dans l'aquifère récepteur sont lents.

La distinction entre zones humides de plateau (eaux douces stagnantes), zones humides des cours d'eau (eaux douces courantes) et zones humides littorales (eaux marines) permet de mieux appréhender les enjeux liés à la fonction « recharge de nappe » des zones humides.

SUR LES PLATEAUX LA RECHARGE EST SOUVENT FAIBLE

Sur les plateaux, les zones humides ne représentent pas un enjeu majeur en terme de recharge de nappe :

Sur les plateaux calcaires perméables (Causses, Pays de Caux, etc.) recelant d'importantes ressources en eau souterraine, l'infiltration des eaux est naturellement forte et rapide; l'eau passe à travers les fissures de la roche élargies par dissolution, et à travers les avens, gouffres, bétouilles*. Sur ces plateaux, les zones humides sont rares, temporaires, constituées essentiellement par de petites mares qui se forment sur les terrains les moins perméables. Leur rôle pour la recharge de la nappe dans un tel contexte est insignifiant du fait de leur faible extension et de la faible perméabilité de leur substratum. En revanche, elles peuvent, par leur pouvoir de rétention, contribuer localement à réduire la charge solide des eaux d'infiltration⁷.

Sur les plateaux en terrain peu perméables, par exemple dans les massifs anciens (massif central, Vosges, massif armoricain etc.), l'infiltration est naturellement réduite du fait de la faible perméabilité des terrains. Corrélativement, les nappes d'eau souterraines sont peu puissantes, discontinues, et peu sollicitées. Les zones humides sont plus abondantes dans ces régions, mais du fait du contexte, les débits susceptibles de percoler au travers de ces zones humides





ne représentent pas un enjeu majeur en terme de recharge. Toutefois, ces zones humides peuvent être en relation avec les eaux souterraines, et une certaine recharge peut avoir lieu à travers leur substratum peu perméable.

Les tourbières, zones de recharge ?

Longtemps, les tourbières ont été considérées comme étant sans relation hydraulique avec les eaux souterraines sous jacentes : les couches les plus profondes devenant pratiquement imperméables, empêchant tout échange avec les horizons minéraux inférieurs.

Pourtant, dans le cas de vastes superficies de tourbières étudiées en Amérique du nord (nappes en dôme sous les tourbières bombées), des études récentes ont montré que ces tourbières pouvaient constituer au contraire des zones permanentes de recharge pour les autres zones humides situées à la périphérie et pour la nappe à l'échelle régionale.

(Fustec et Frochet, 1995).

En résumé, si l'enjeu est en général limité en terme de recharge de nappe pour les zones humides de plateau, seules des études fines à l'échelle des systèmes hydrogéologiques associant les niveaux locaux et régionaux peuvent permettre de déterminer si une zone humide précise participe ou non à la recharge de la nappe et quel en est l'impact sur le bilan quantitatif de la nappe. En revanche ces zones humides assurent d'autres fonctions vis à vis des ressources en eau liées au stockage de l'eau^{F1, F2, F5, F6, F7}.

EN ZONE ALLUVIALE, UNE RECHARGE LIMITÉE AUX CRUES

Les zones humides liées aux cours d'eau peuvent jouer un rôle éphémère de recharge de la nappe alluviale pendant les crues.

Le long des cours d'eau, le niveau des eaux souterraines dans la plaine alluviale se raccorde à celui du cours d'eau, précisément dans le secteur où se forment les « zones humides liées aux cours d'eau ». Lors des crues, le niveau de la nappe, influencé par celui de la rivière, remonte et peut atteindre une cote proche du sol même si la rivière ne déborde pas. Ce n'est que lorsque la rivière déborde qu'il peut y avoir recharge de la nappe au travers des zones humides riveraines. Cependant, le volume des vides disponible pour stocker les eaux susceptibles de s'infiltrer est généralement limité du fait de la proximité du niveau des eaux souterraines sous le sol. Le volume infiltré dépend notamment de la rapidité de montée des eaux de la rivière, par rapport à la réaction du niveau de la nappe. Par ailleurs,

ce phénomène de recharge, s'il a lieu, ne dure généralement que quelques jours : de ce fait, la recharge de nappe par les eaux de crues, même si elle existe, est relativement limitée dans nos régions tempérées au regard de la recharge par les précipitations, par les eaux provenant des nappes de coteau ou par infiltration depuis les cours d'eau.

Si l'intérêt de cette fonction est faible en terme de ressource en eau mobilisable (alimentation en eau), il peut en aller différemment pour le maintien de communautés végétales hygrophiles* ou mésohygrophiles* lorsque la crue intervient à un moment favorable (les crues du Rhin au printemps jouent un rôle fondamental pour la pérennité de la forêt alluviale).

Un marais peut jouer un rôle « tampon » pour maintenir une nappe en équilibre

Il existe un cas où une zone humide peut recharger « indirectement » un aquifère : c'est lorsqu'un marais s'établit à la limite d'une zone naturelle de nappe sur un terrain imperméable responsable d'émergences (cas du marais audomarois). Dans ce cas, un très fort pompage pratiqué sur l'aquifère⁸² peut entraîner une inversion des écoulements depuis le marais vers l'aquifère.

Échanges nappes-rivières-marais : un fonctionnement complexe

Une étude au Canada sur un marais alimenté par les eaux souterraines et les précipitations a montré que la contribution de cette zone humide au débit du cours d'eau était faible (Rouet, 1990 et Hill 1990). A contrario, une autre étude en Ontario a montré que la zone humide fonctionnait comme un système de recharge et de fourniture d'eau pour les systèmes adjacents.

ZONES HUMIDES LITTORALES ET INTRUSION SALINE

La recharge des nappes d'eau douce par les zones humides littorales contribue naturellement à prévenir l'intrusion des eaux salées. De plus, une gestion hydraulique adaptée (Bas Gapeau sud de la France, delta du Guadalquivir en Andalousie, etc.) peut renforcer l'efficacité de cette fonction^{A10, A8}.

EN PRATIQUE

La recharge de nappe est le plus souvent une conséquence de l'épandage des crues. Pour en évaluer l'importance, le





RECHARGE DES NAPPES



gestionnaire doit donc se référer à la fonction « atténuation des crues^{F1} » dont l'enjeu est généralement plus marqué. Il doit prendre en compte le type de zone humide et situer son contexte. Une étude hydrogéologique du fonctionnement de la zone humide en relation avec les aquifères et les cours d'eau est nécessaire pour établir un diagnostic initial. Le suivi par le gestionnaire, peut constituer en la mesure de débits^{S2}, de niveaux^{S4} et de qualité des eaux^{S6}.

MENACES, ACTIONS

- Pour améliorer l'alimentation en eau suite à la mise en retenue sur les coteaux^{M5}, ou une gestion hydraulique non concertée^{M2, M3} :
 - restaurer l'humidité^{ST3},
 - remettre en eau les annexes fluviales^{ST4},
 - gérer de façon concertée la dynamique fluviale^{ST2},
 - gérer et restaurer les crues^{ST5},
 - bassin de rétention des crues^{A20},
 - relèvement de la nappe^{A8},
 - restauration du lit majeur^{A14}.
- Pour supprimer le colmatage de la zone humide et permettre ainsi la recharge de la nappe :
 - décolmatage des berges^{A12},
 - gestion intégrée du lit mineur^{A3}.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Bureaux d'Études d'Ingénieurs Conseils.

CEMAGREF, 3 quai Chauveau, 69009 Lyon.
Tél. : 0472208787, fax : 0478477875.

BIBLIOGRAPHIE

Fustec E. et Frochet B. 1995. Les fonctions des zones humides - Synthèse bibliographique. AESN, Laboratoire de Géologie Appliquée, Université P. et M. Curie, Paris VI, Laboratoire d'Écologie, Université de Dijon.

AESN-BURGEAP, 1995. « Zones Humides et ressources en Eau » ; R1677.

Michelot J.-L., 1994. Gestion et suivi des milieux fluviaux - L'expérience des réserves naturelles. Réseau des Réserves Naturelles Fluviales, 440 p.





RECHARGE DU DÉBIT SOLIDE DES COURS D'EAU



L'érosion des berges ou des bancs de sédiments entraîne dans le chenal des cours d'eau des sédiments qui constituent le « débit solide » :

- charge grossière : blocs, graviers, sables... (transport par charriage en crue),
- charge fine : limons, argiles (transport en suspension).

Les zones humides situées au bord des cours d'eau (grèves, ripisylves*, prairies humides...) peuvent assurer une part notable de cette recharge. Cette fonction n'est pas uniquement assurée par les zones humides, puisque le débit solide des rivières provient également des éboulements de versants, ou des érosions de berges en milieu purement terrestre...

MÉCANISMES

CERTAINES ZONES HUMIDES ALIMENTENT LA RIVIÈRE EN SÉDIMENTS

L'importance des berges en général et des zones humides en particulier dans le débit solide de la rivière est variable selon les sites. Les rivières de montagne, surtout si elles sont dépourvues de barrage, sont principalement alimentées en sédiments par l'érosion des versants. Par contre, l'érosion du chenal et des berges peut représenter une part très importante de l'apport dans la partie aval des cours d'eau (Bravard et Petit 1997). Le long de la Loire, cette contribution est d'autant plus importante que les barrages de Grangent et Villerest bloquent toute charge grossière à l'amont du bassin.

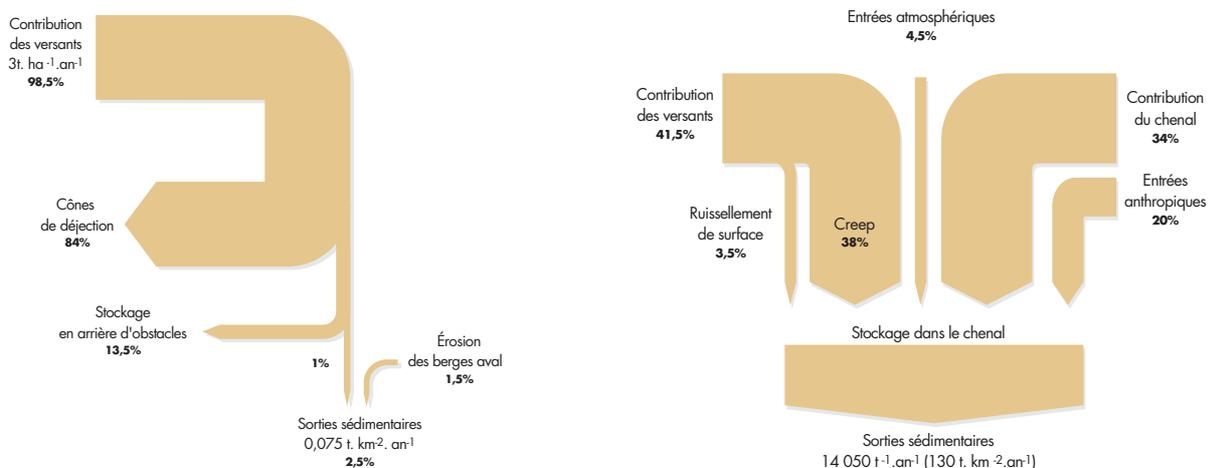
LA CHARGE SOLIDE, L'UN DES MOTEURS DE LA DYNAMIQUE FLUVIALE

La charge grossière joue un rôle fondamental dans l'équilibre géomorphologique des rivières à pentes fortes et moyennes.

La tenue de la ligne d'eau : le transport des sédiments permet à la rivière de dépenser son énergie. L'arrêt de l'érosion des berges entraîne l'enfoncement du lit avec des impacts graves : abaissement des nappes, déstabilisation d'ouvrages...

Un paramètre à l'origine du paysage de la rivière : l'importance de la charge grossière et son évolution conditionnent largement le style géomorphologique des cours d'eau. Celui-ci est à la base du paysage fluvial : chenal

Les bilans sédimentaires



Bilan sédimentaire du bassin de la Latte, mont Lozère (d'après Bernard-Allée et al. 1991, modifié).

Bilan sédimentaire du bassin d'Arbucies en Catalogne (d'après Batalla et al. 1991, repris dans Bravard et Petit 1997).

Ces figures montrent que les sédiments issus de la montagne sont très importants en volume mais se déposent rapidement; une fois dans la plaine, les érosions des berges apportent une part notable du débit solide de la rivière.



unique pauvre en zones humides, méandrage actif très diversifié, tressage aux multiples bras mobiles.

Un élément nécessaire à la dynamique des écosystèmes : les rivières naturelles à pentes fortes ou moyennes connaissent une dynamique permanente avec érosion de berges, dépôts de bancs de graviers dans le lit et de sédiments fins sur les berges... Cette dynamique est fondamentale sur le plan écologique puisqu'elle permet la régénération des milieux : les forêts ou les bras secondaires vieillissent naturellement, mais de nouveaux habitats « jeunes » se développent sur les terres abandonnées par le cours d'eau.

Ce mécanisme est à la base de la biodiversité* des vallées fluviales. Il est également intéressant pour les autres fonctions des zones humides; une rivière qui fonctionne bien sur le plan géomorphologique peut être efficace en matière de régulation des nutriments, de régulation des débits...

ÉVALUATION

L'érosion des berges peut être plus ou moins importante pour l'équilibre de la rivière selon les situations; certains indices peuvent montrer qu'elle joue un rôle notable :

- tronçon de rivière éloigné des versants (une grande partie des sédiments provient des berges),
- tronçon pas ou peu artificialisé (pas ou peu de barrages, seuils, digues...),
- berges soumises à des érosions régulières.

Si la rivière connaît un enfoncement de sa ligne d'eau (incision), la protection, voire la restauration, de la charge solide sera particulièrement importante.

Afin de connaître le rôle que peuvent jouer les zones humides riveraines dans ce domaine, il peut être souhaitable de déterminer l'espace de liberté de la rivière. L'espace de liberté est « l'espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales pour permettre la mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement optimal des écosystèmes aquatiques et terrestres. » (SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée-Corse).

La délimitation de l'espace de liberté a fait l'objet d'un guide méthodologique récent (EPTEAU, Malavoi, 1998). Différents éléments peuvent permettre de cartographier cet espace :

- délimitation de l'espace de mobilité maximal : plaine sédimentaire récente,
- délimitation de l'espace de mobilité fonctionnel.

Ce périmètre peut être déterminé d'après l'amplitude d'équilibre (pour les méandres : l'amplitude correspond à

10 fois la largeur à plein bord).

Une autre approche consiste à calculer la capacité de transport de la rivière (à partir de la pente, de la hauteur d'eau, de la largeur du lit et de la granulométrie des sédiments). Il est alors possible de mesurer la surface de berges à éroder pour saturer cette capacité de transport :

- analyse historique des divagations passées de la rivière.
- évaluation des zones d'érosion à 50 ans, par extrapolation des rythmes d'érosion des dernières décennies, en tenant compte des aménagements humains.
- prise en compte des contraintes liées aux activités humaines, permettant de délimiter l'espace de mobilité minimal.

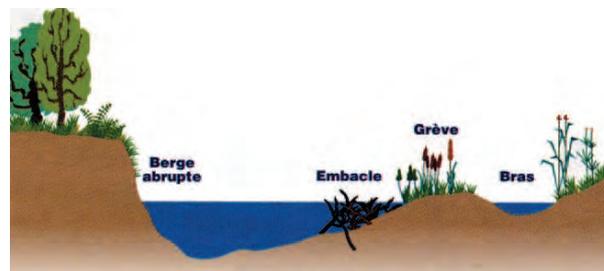
DYSFONCTIONNEMENTS

UN FONCTIONNEMENT TRÈS SOUVENT ALTÉRÉ

Les berges en général et les zones humides en particulier alimentent de moins en moins le débit solide des cours d'eau. Ce tarissement est lié aux protections de berges⁶⁶, aux prélèvements de matériaux⁶⁷, et plus globalement au dysfonctionnement du système fluvial⁶⁸.

La diminution du débit solide d'un cours d'eau entraîne une modification de celui-ci :

- enfoncement de la ligne d'eau (l'énergie, non affectée au charriage, est dissipée par érosion du fond du lit),
- diminution de la dynamique latérale : diminution du nombre de bras, rétraction de la bande active (zone de divagation).



Rivière naturelle : une grande diversité écologique



Rivière rectifiée : le milieu est uniforme



RECHARGE DU DÉBIT SOLIDE DES COURS D'EAU



Cette évolution, très fréquente en Europe, provoque la diminution des fonctions de l'espace : moindre régulation des nutriments (déconnexion des racines de la ripisylve* par rapport à la nappe), perturbation de l'écoulement des crues.

ACTIONS

GÉRER LES ÉROSIONS POUR PRÉSERVER LE SYSTÈME FLUVIAL

Le débit solide doit être pris en compte dans la gestion des zones humides fluviales.

Il s'agit en premier lieu de connaître l'état morphologique du cours d'eau, afin de déterminer si ce dernier connaît un déficit, un équilibre ou un excédent sédimentaire.

Il sera alors possible d'adapter les choix de gestion à la situation locale, en définissant l'espace de liberté dans lequel on acceptera, voire favorisera les divagations du cours d'eau⁴¹.

Les protections de berges contre l'érosion devront être réservées aux seuls sites vulnérables (équipements routiers, bâtiments); la protection des berges de milieux naturels et de zones humides ne se justifie que très exceptionnellement.

Les protections de berges par techniques végétales présentent de grands avantages écologiques ou paysagers par rapport aux enrochements (Lachat 1994), mais elles limitent aussi les apports sédimentaires à la rivière.

L'analyse économique montre généralement qu'il est moins coûteux d'indemniser les propriétaires de terrains érodés plutôt que d'enrocher les berges.

De nombreuses rivières dynamiques connaissent une colonisation végétale de leurs grèves, liée à la stabilisation du cours d'eau; face à cette évolution, il est nécessaire de choisir une approche adaptée au contexte local⁴³ :

- si l'on souhaite privilégier la fonction régulation des nutri-

ments ou la rugosité, il est préférable de maintenir ces boisements,

- si l'on souhaite favoriser la recharge du débit solide et abaisser les lignes d'eau en crue, il est souhaitable de couper une partie de la végétation du lit mineur, voire de déstabiliser les berges et grèves pour faciliter la mobilisation des sédiments par la rivière (passage d'une charrue, création d'amorces de bras secondaires...). Cette approche a été retenue sur certains tronçons de la Drôme.

UN SUIVI NÉCESSAIRE

L'étude du débit solide est difficile.

La méthode la plus fréquemment utilisée repose sur le suivi des profils en long et en travers qui permettent de mettre en évidence l'enfoncement du cours d'eau, et donc un éventuel déficit sédimentaire.

D'autres techniques plus spécialisées existent :

- marquage de galets destinés à évaluer les débits pour lesquels les différentes classes de taille de sédiments peuvent se déplacer,
- création de pièges à sédiments permettant de quantifier exactement le volume de matériaux transitant dans un cours d'eau.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Bravard J. P., Petit F., 1997. Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial. A. Colin, 222 p.

Epteau, Malavoï J.-R., 1998. L'espace de liberté. Guide du SDAGE RMC, 39 p.

RÉFÉRENCES, COMPÉTENCES

EPIDOR, Tournepique, BP13, 24250 Castelnault-la-Chapelle. Tél. : 0553291765.

ÉTUDES DE CAS

K5 : Val d'Allier

K10 : Vallée de la Moselle

L'érosion de la Dordogne

Le long de la Dordogne dans les départements du Lot, de la Dordogne et de la Gironde, soit 400 kilomètres de berges, 3000 mètres de berges érodées touchent des milieux naturels (forêts ou prairies).

Ces érosions alimentent le débit solide de la rivière. La protection des berges par enrochement nécessiterait 6 millions de francs; le rachat par la collectivité d'une bande de 10 mètres de large coûterait 45000 F.

source : EPIDOR 1994





RÉGULATION DES NUTRIMENTS



Les flux hydriques dans les bassins versants anthropisés sont chargés en nutriments* d'origine agricole et domestique. Parmi ces nutriments, l'azote, le phosphore et leurs dérivés conditionnent le développement des végétaux aquatiques. Les zones humides agissent comme des zones de rétention de ces produits et sont

donc bénéfiques pour la qualité physico-chimique des flux sortants. La politique nationale de préservation et d'amélioration de la qualité des milieux aquatiques met l'accent sur l'importance de cette fonction de régulation naturelle.

Nutriments : éléments minéraux nutritifs indispensables à la physiologie des organismes autotrophes. Les phosphates, les nitrates, les sels de potassium et de calcium constituent les nutriments majeurs des plantes vertes terrestres et aquatique et du phytoplancton.

Formes de l'azote : le nitrate est la forme oxydée de l'azote la plus courante dans l'eau. Certaines conditions biogéochimiques permettent la transformation en d'autres formes plus réduites, soit gazeuses (azote gazeux, gaz ammoniac) qui s'éliminent, soit dissoutes et alors toxiques (ammonium ou nitrites). Les nitrites sont instables.

Formes du phosphore : le phosphate soluble est la forme oxydée la plus courante dans l'eau. On rencontre également les formes organiques plus ou moins mobiles ou assimilables.

MÉCANISMES

Les interfaces eau/air, eau/sédiments, eau/terre, nappe libre/nappe captive, rassemblent les conditions les plus favorables pour la régulation des nutriments. Ces zones de transition sont donc à considérer avec une attention particulière. Leur traversée par les flux hydriques peut provoquer une diminution des teneurs en nutriments. Cela concerne notamment les flux d'azote (processus de dénitrification) et de phosphore (processus de déphosphatation). Le rôle de « pompe à nutriments » est attribué en particulier aux diverses plantes supérieures (macrophytes).

RÉDUCTION DES NITRATES : DÉNITRIFICATION

Le processus biogéochimique de **dénitrification** réduit les différentes formes de l'azote jusqu'à l'état gazeux. La végétation et la flore bactérienne jouent un grand rôle dans la réduction des concentrations en nitrates.

Dans les eaux superficielles, ce rôle est double. D'une part, les plantes aquatiques absorbent par leurs racines les nitrates pour leur métabolisme*. D'autre part, la décomposition des végétaux morts utilise l'oxygène du milieu et peut créer ainsi des conditions réductrices, favorables à la dénitrification.

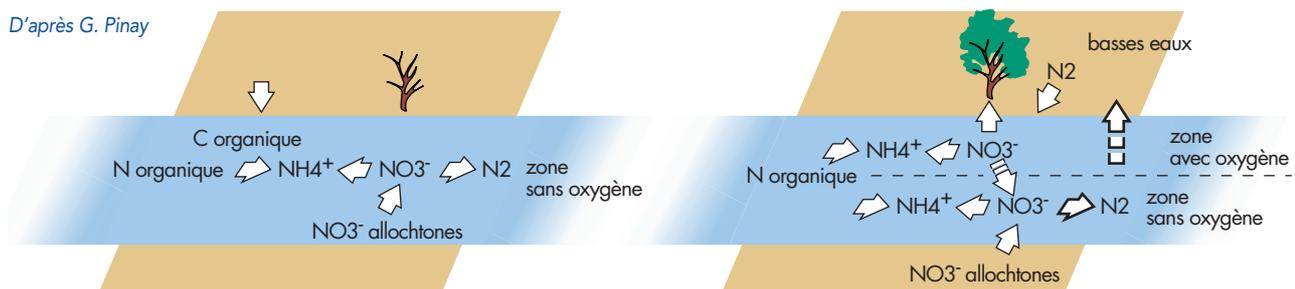
Ces conditions se rencontrent par exemple lorsqu'une nappe libre devient captive sous une couche faiblement perméable. On rencontre fréquemment ce contexte dans les prairies humides et les marais fluviaux. Dans les zones de contact eau souterraine/eau superficielle, ainsi que dans les eaux souterraines l'absorption des nitrates par les racines intervient seule.

RÉGULATION DU PHOSPHORE : DÉPHOSPHATATION

La **déphosphatation** consiste dans l'interception et la fixation du phosphore dissous ou/et particulaire par des processus physiques, biologiques ou chimiques.

La sédimentation des matières en suspension^{F1} immobilisant le phosphore qui leur est associé constitue le processus largement dominant : c'est la rétention du phosphore particulaire.

D'après G. Pinay





La rétention du phosphore dissous est un phénomène complexe soumis à l'intervention simultanée, au moins à certaines périodes de l'année, de plusieurs processus physico-chimiques et biologiques.

Dans les eaux superficielles, dans les sols hydromorphes (gorgés d'eau) et dans les sédiments peuvent se manifester des phénomènes physicochimiques réversibles d'adsorption sur les argiles et la matière organique, ou de précipitation.

Les processus biologiques sont irréversibles ou réversibles (relargage) suivant les cas :

- Les végétaux supérieurs sont les principaux régulateurs.
- Les plantes vasculaires constituant les « herbiers flottants » prélèvent les éléments nutritifs directement dans les eaux. Les espèces submergées (dans l'eau) et enracinées s'approvisionnent à partir des éléments contenus dans les sédiments mais aussi dans la colonne d'eau. Les autres espèces utilisent essentiellement les éléments nutritifs disponibles dans les sédiments et les sols hydromorphes.
- Les algues fixent le phosphore durant leur croissance. Une fois morts, ces organismes sédimentent et diverses transformations conduisent à un relargage de phosphore. Un stock de phosphore soluble redevient disponible pour un nouveau développement algal.
- La biomasse* microbienne immobilise une partie du phosphore soluble surtout dans certaines tourbières. Le développement de la biomasse microbienne implique l'absorption et l'immobilisation d'une partie du phosphore soluble. Ce processus peut être négligeable dans des milieux où la composante minérale est grande, mais important dans les sols organiques de certaines tourbières.

ÉVALUATION

Suivant le type de zone humide et le type de végétation associée, les mécanismes de régulation des nutriments* sont différents.

Pour une charge en nutriments donnée, l'aptitude d'une zone humide à leur régulation varie selon :

- le contexte hydrogéologique,
- le bilan hydrologique et le temps de séjour,
- la structure des peuplements végétaux,
- la densité et l'importance des zones d'interface (en particulier eau/terre).

Les critères limitant cette fonction sont :

- des effets de seuil (la taille relative, effets de profondeur, surcharge, équilibre trophique*),
- une toxicité avérée du milieu.

Il faut cependant bien se garder de considérer les zones humides comme des systèmes d'épuration. En effet, des rejets bruts non traités voire même une quantité incontrôlée de rejets traités peuvent engendrer une pollution de la zone humide.

A titre indicatif voici quelques ordres de grandeur mesurés pour la dénitrification.

Taux de dénitrification mesurés dans divers milieux aquatiques d'eau courante ou stagnante		
Type de milieu	Perte d'azote	Auteurs
Ripisylve (potentiel)	340 mg N/m ² /j	Pinay, 1986
Ripisylve (potentiel)	260 mg N/m ² /j	Seitzinger, 1994
Saulaie (potentiel)	240 mg N/m ² /j	Fustec, 1988
Aulnaie (potentiel)	130 mg N/m ² /j	Fustec et al., 1991
Prairie mal drainée	30 mg N/m ² /j	Schnabel & Stout, 1994
Prairie mieux drainée	0,7 mg N/m ² /j	Schnabel & Stout, 1994
Sédiments côtiers	0,7 à 3,5 mg N/m ² /j	Seitzinger, 1988
Marais salé	67,5 mg N/m ² /j	Kaplan & al. 1979
Marais salé (potentiel)	25,2 mg N/m ² /j	White & Howes, 1994
Slikke*	3 mg N/m ² /j	Valieda & Teal, 1979
Marais à Juncus	4,3 mg N/m ² /j	Reddy & al. 1989
Estuaires	1,2 mg N/m ² /j	Jenkins & Kemps, 1984
Tourbière acide	< 50 µg N/m ² /j	Urban & al. 1988
Lacs	1 à 60 mg N/m ² /j	Seitzinger, 1988
Plans d'eau	3,7 mg N/m ² /j	Smith & De Laune 1983

60 à 95 % de l'azote associé aux particules mises en suspension et transportées par les eaux de ruissellement se trouvent « piégés » au niveau des ripisylves*, en particulier, dans les petits bassins versants en tête des réseaux hydrographiques (in Fustec et Frochot, 1995).





RÉGULATION DES NUTRIMENTS

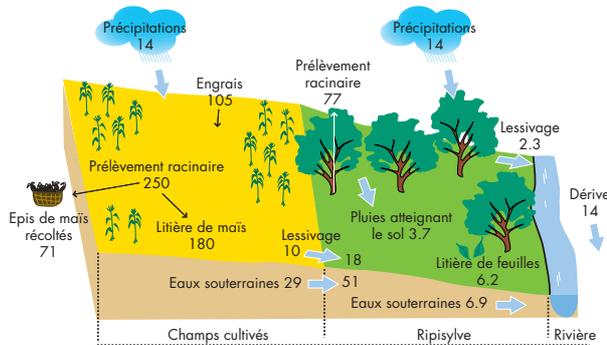


Diagramme des flux et du cycle de l'azote total (kg/ha/an de N) dans le bassin versant* de la Rhode (d'après Peterjohn et Correl 1984).

Pour le rôle des différentes plantes aquatiques, on retiendra que :

- **les plantes à rhizomes** (plantes vivaces qui possèdent des organes de réserve souterrains), sont nombreuses dans les zones humides (roseaux, nassette, phalaris, nénuphars...) et constituent des pièges très efficaces pour les éléments nutritifs.
- **les plantes annuelles** (qui absorbent les nutriments* par leurs racines), immobilisent le phosphore pendant la durée de leur cycle végétatif mais en relarguent une grande partie à leur mort. La rétention du phosphore par ces plantes, si elle n'est pas négligeable compte tenu de la productivité de ces milieux, ne se manifeste donc que pendant quelques mois dans l'année, le ratio rétention/relargage est légèrement excédentaire.
- **Les espèces arbustives et arborescentes** des zones humides constituent également des compartiments de stockage du phosphore. De la même façon que pour les espèces précédentes, une partie du phosphore absorbé pendant la période de croissance retourne sur les sols et dans les eaux (chute de feuilles et débris divers) mais les troncs et les branchages représentent des compartiments de stockage importants et durables.

On estime que 60 à 95 % du phosphore particulaire introduit dans les zones humides riveraines des petits cours d'eau à l'amont des bassins ou qui alimentent des lacs est immobilisé avant d'atteindre les eaux de surface (Peterjohn et Corell, 1984).

Dans certaines tourbières où le phosphore soluble est peu abondant, la biomasse* microbienne peut l'accaparer presque en totalité, les végétaux s'approvisionnent alors essentiellement à partir du phosphore relargué par le matériel végétal mort.

Dans les forêts alluviales très productives de la Garonne, Pinay (1986) a évalué la capacité de dénitrification à 50 mg/m³/j d'azote.

Toujours pour la vallée de la Garonne, une étude a montré qu'une ripisylve* prélevait 38 fois plus d'azote (0,38 gN-NO₃/m²/jr) qu'une prairie (0,01 gN-NO₃/m²/jr); les espèces arborées de la ripisylve peuvent prélever l'azote de la nappe même lorsque celle-ci s'abaisse en été (plantes phréatophyles), ce qui n'est pas le cas de la prairie (Ruffinoni, 1994).

Pour les ripisylves, la complémentarité et la diversité des communautés de végétaux à bois tendre tels que les saules, l'aulne, dans la frange la plus proche du fleuve et des végétaux à bois dur tels que les chênes, les frênes, les ormes et les érables dans les zones moins inondées, assurent la meilleure garantie d'obtenir un prélèvement biologique important et régulier de l'azote contenu dans les eaux de nappe.

En moins de 30 mètres, une ripisylve est capable d'abattre 80 % des teneurs en nitrates du bassin versant (Lefevre, Colloque zones humides, oct. 1994).

Une estimation récente effectuée sur une berge inondable de la Seine montre que 100 m de cette rive stockent 30 à 40 kg de phosphore au cours de la période de submersion annuelle (Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 1997).

EN PRATIQUE

Il est recommandé de faire un bilan des apports potentiels d'azote et phosphore du bassin versant* et de le comparer aux capacités de régulation de la zone humide. Pour appréhender les capacités autoépuratoires de la zone humide, il faut évaluer chacun des critères d'aptitude décrits plus haut.

Le bilan entrée/sortie^{es} de l'azote est facilement accessible car les méthodes analytiques de ses différentes formes sont simples et peu coûteuses.

Il en va différemment du phosphore car les protocoles de prélèvement et d'analyse sont trop lourds pour être appliqués de façon routinière. En particulier il serait inopérant d'analyser le phosphore total sans pouvoir distinguer entre les formes libres et assimilables et les autres formes.

La meilleure méthode reste l'examen et le suivi du développement des espèces végétales indicatrices de la qualité physico-chimique du milieu^{es}.

Cet indicateur peut être complété par un diagnostic régulier de la toxicité du milieu^{es}.





MENACES, ACTIONS

- Agir pour restaurer les peuplements végétaux^{M8, M9} assimilateurs de nutriments* :
 - contrôler les successions végétales^{ST7},
 - renaturer les terrains dégradés^{ST8},
 - vasières artificielles^{A13},
 - gestion des roselières^{A24},
 - profilage des berges d'étangs ou plans d'eau^{A17},
 - renaturation des boisements artificialisés^{A25},
 - restauration de la végétation des berges des canaux et retenues^{A19}.
- Restaurer la dynamique fluviale^{M3} et lutter contre l'endiguement^{M6} :
 - améliorer la qualité de l'eau^{ST6},
 - remettre en eau les annexes fluviales^{ST4},
 - gérer de façon concertée la dynamique fluviale^{ST2},
 - gérer et restaurer les crues^{A1},
 - relèvement de la nappe^{A8},
 - décolmatage des berges^{A12},
 - gestion intégrée du lit majeur^{A14},
 - restauration du lit majeur^{A1}.
- Gérer les pompages excessifs qui font baisser la nappe :
 - relèvement des débits réservés^{A5},
 - relèvement de la nappe^{A8},
 - limitation des pompages, gestion des pompages^{A9}.
- Gérer les apports diffus ou ponctuels issus de l'agriculture, de l'urbanisme :
 - améliorer la qualité des eaux^{ST2},
 - gestion agricole contractualisée (MAE, CTE)^{A31},
 - fermeture de drains en marais et tourbières^{A7},
 - renaturation des boisements artificialisés^{A25},
 - renaturation des terres cultivées^{A26},
 - création de bandes enherbées^{A21},
 - contrôle des rejets, limitation des apports polluants^{A15},
 - gestion raisonnée de la démoustication^{A29},
 - végétalisation des terrains remaniés^{A27}.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Laboratoire Universitaire de Géologie Appliquée, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, Université de Dijon, CNRS-CERR Toulouse, Laboratoire ESNM/IEGB.

BIBLIOGRAPHIE

Pinay et Décamps, 1988. The role of riparian woods in regulating nitrogen fluxes between the alluvial aquifer and surface water : a conceptual model, regulated rivers : research and management vol. 2, 507-516.

Pinay, Décamps, Chauvet et Fustec 1990, Functions of ecotones in fluvial systems. Ecology and management of aquatic terrestrial ecotones. Naiman & Décamp, 141-169.





RÉTENTION DES TOXIQUES (MICROPOLLUANTS)



Les substances toxiques, appelées aussi « micropolluants » appartiennent à deux types : les composés métalliques (métaux lourds) et les composés organiques (hydrocarbures, solvants chlorés, phytosanitaires employés en agriculture...). Les zones humides piègent des substances toxiques par sédimentation ou fixation par des végétaux.

Cette fonction contribue à l'amélioration de la qualité des eaux à l'aval, mais l'accumulation des substances

peut créer une ambiance toxique défavorable à l'équilibre écologique de la zone humide. Tous les types de zones humides sont concernés dès lors qu'ils reçoivent des rejets toxiques.

A l'exception des « lits mineurs » et des « annexes fluviales » (entraînement vers le milieu marin), la quasi irréversibilité du processus oriente nécessairement vers une politique de réduction des rejets toxiques à l'amont.

MÉCANISMES

Les toxiques atteignent les zones humides par ruissellement et érosion sur le bassin versant*, par inondation et par transport éolien. Les matières en suspension en sont souvent le support. Les eaux souterraines contribuent très peu à ce mécanisme. La rétention a lieu par différents processus : physique (précipitation, adsorption), chimique ou biologique (absorption, bioaccumulation et bioconcentration). Selon le type de toxique la rétention est plus ou moins irréversible du fait de la variabilité et de l'intensité des processus de relargage ou de biodégradation.

POUR LES MÉTAUX

Les métaux existent sous deux formes physiques : particulaire (adsorption sur les matières en suspension⁷) et dissoute.

Dans leur ensemble, les zones humides constituent des pièges pour les éléments métalliques associés aux matières en suspension et vraisemblablement aussi pour une partie des métaux à l'état dissous. Mais le relargage est possible : une partie des stocks immobilisée peut être remobilisée par désorption (relargage dans le milieu), dissolution et/ou dégradation de la matière organique, essentiellement en fonction des conditions d'oxydo-réduction.

POUR LES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES ET LES PHYTOSANITAIRES

La double action d'adsorption et de dégradation microbienne des micropolluants organiques se manifeste dans la plupart des zones humides, avec des variations selon les produits concernés, la saisonnalité et les conditions de milieu. La biodégradation est ralentie en hiver. L'été au contraire, la dégradation bactérienne peut être supérieure au flux introduit.

ÉVALUATION

MICROPOLLUANTS ORGANIQUES : UNE ÉVOLUTION MAL CONNUE

Il existe encore peu de données expérimentales sur le devenir des micropolluants organiques et des phytosanitaires dans les zones humides. En effet, les techniques analytiques capables de différencier et de quantifier les très nombreuses molécules que l'on peut rencontrer sont récentes et de mise en œuvre coûteuse. Des modèles conceptuels existent néanmoins. Mis au point en laboratoire pour traduire des conditions simplifiées en milieu contrôlé, ils restent difficilement généralisables aux cas réels du fait de leur complexité.

LES MÉCANISMES PRINCIPAUX SONT LE PIÉGEAGE ET LA DÉGRADATION

La rémanence de ces substances dépend :

- de leur volatilité,
- de leur affinité pour les sédiments et la matière organique,
- de leur biodégradabilité,
- de la nature de la végétation.

Des études récentes ont montré que des pesticides peuvent être dégradés par les bactéries et les champignons, dans des prairies et des boisements de cours d'eau.

La capacité épuratrice de dispositifs enherbés de 6 m de large atteint une moyenne inter-annuelle de 71 %. L'efficacité moyenne des « bandes » de 12 à 18 m a atteint 84 à 91 % (Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 1997).

Les hydrocarbures peuvent être stabilisés dans la strate racinaire des peuplements à grandes herbes (Roseau, Massettes, Laïches, Joncs, Scirpes).





Piégeage et relargage des métaux dépendent :

- des conditions physico-chimiques (pH, potentiel redox),
- de la nature de végétation,
- de la richesse des sédiments en argile et en matière organique,
- des types de métaux.

Les milieux fermés ou fortement réducteurs semblent constituer des pièges à long terme. Les zones humides moyennement réductrices ou soumises à des alternances d'aérobiose* et d'anaérobiose* seraient beaucoup moins efficaces (Fustec E. et Thibert S. in Fustec et Frochet, 1995). L'importance de l'absorption des métaux dissous par les végétaux varie avec les espèces végétales qui présentent plus ou moins d'affinités pour les différents métaux.

LA RÉTENTION DES MÉTAUX EN MILIEU MARIN

L'étude des flux et de l'évolution des métaux dans les estuaires et en milieu marin a été largement développée : la rétention y est importante.

Dans les marais salés, l'accumulation est effective. L'accumulation du cuivre, du plomb, du nickel et du zinc dans la végétation de marais salé est plus élevée dans les organes morts en fin de période de croissance, que dans les parties encore vivantes de végétaux.

Sur un cycle annuel, le cadmium serait constamment exporté et le nickel pendant la majeure partie de l'année. La fraction retenue serait alors concentrée dans le système racinaire.

Si la rétention à long terme semble assurée pour plus de 50 % des métaux déposés en milieux estuariens et côtiers, on ne sait pas vraiment comment elle se réalise dans les autres milieux, compte tenu de la diversité des conditions qui s'y manifestent.

Une datation des sédiments a permis de montrer que la rétention à long terme dans les sédiments des marais intertidaux s'établit comme suit : chrome 90 à 100 %, cobalt, plomb et fer, entre 86 et 89 %, zinc, cuivre et nickel entre 75 et 81 % et enfin cadmium et manganèse entre 50 et 60 %.*

*Dans des marais salés australiens, la concentration en métaux (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Mn) est beaucoup moins élevée dans les plantes que dans les sédiments. Une nette corrélation entre les teneurs dans les plantes et dans les sédiments apparaît pour le zinc mais pas pour le cuivre. Ceci confirme la faible affinité des espèces végétales pour le cuivre. Par contre, l'espèce australienne *Sarconaria* sp. voisine de nos *Salicornes*, accumule fortement le cadmium, le chrome, le zinc et le plomb.*

LA RÉTENTION DES MÉTAUX DANS UN CORRIDOR FLUVIAL

Dans un corridor fluvial, les formations végétales de marais, d'arbustes, de broussailles et de ripisylve* contribuent à la rétention de métaux.

Les métaux associés aux particules en suspension sont piégés par la matière organique des tourbières et des marais ou dans les vases des cours d'eau. L'efficacité de la rétention est directement liée à la présence et à la nature de la végétation. Cette fonction est plus largement assurée par des espaces présentant un couvert végétal important, et des horizons humifères développés.

Le relargage des métaux retenus dans les sédiments sous forme dissoute (zinc, cuivre, nickel, plomb, cadmium, chrome) diminue de manière exponentielle avec l'augmentation du taux d'argiles et de matière organique.

La rétention du sélénium soluble dans un marais expérimental : jusqu'à 90 % de rétention

Contexte

La rétention du sélénium soluble a été étudiée pendant deux ans dans un marais expérimental aux États Unis, marais submergés par les eaux circulant lentement (53 l/mn) et colonisé par des macrophytes émergentes et submergées. La disparition du sélénium introduit dans les eaux est comparée à celle qui se manifeste dans un ruisseau adjacent.

Résultats

*La concentration en sélénium est réduite de 20 % environ dans le ruisseau mais de plus de 90 % dans le marais. La lentille d'eau (*Lemna minor*) s'est révélée l'espèce la plus efficace pour l'immobilisation du métal.*

Fluctuations saisonnières dans l'immobilisation et le relargage du sélénium

Cette disparition présente des fluctuations saisonnières car le métal est absorbé par les végétaux pendant leur période estivale de croissance. A l'automne, la déposition des résidus végétaux sur les sédiments s'accompagne d'une libération de sélénium en partie adsorbé sur les sédiments (l'adsorption étant plus rapide et plus importante dans les sédiments fins et riches en matières organiques que dans les sédiments sableux). Une partie du sélénium est, par ailleurs, exportée par volatilisation au niveau du matériel végétal en décomposition.





RÉTENTION DES TOXIQUES (MICROPOLLUANTS)



La rétention à moyen terme (au delà d'une année) dans la biomasse* végétale s'effectue de manière sélective. Plusieurs études montrent que le zinc semble préférentiellement absorbé par les arbres de la forêt alluviale à bois dur (chêne, orme). Il est retenu dans les parties pérennes (branches, troncs, écorce). Par contre le cuivre est peu absorbé et surtout localisé dans les feuilles ce qui entraîne une restitution automnale. (AELB, IEA, 1997).

EN PRATIQUE

Établir des bilans

Il faut établir le **bilan hydrologique** de la zone humide (flux entrants, flux sortants, temps de séjour) et le compléter par le **bilan matières**.

Le suivi des toxiques dans les sédiments est difficile et relativement coûteux. Il pose le problème de la variabilité spatiale et de la fiabilité des bilans par les méthodes directes :

- physico-chimie des eaux de surface⁵⁶ et des matières en suspension,
- physico-chimie des sédiments⁵⁶ et bathymétrie⁵¹.

Des méthodes indirectes basées sur des indicateurs sont complémentaires des analyses physico-chimiques du milieu. Elles peuvent aussi les remplacer avec des indicateurs adaptés d'écotoxicité des sédiments fins ou grossiers dont l'intérêt opérationnel est plus immédiat (indices oligochètes notamment)⁵⁸. Ces méthodes qualitatives permettent d'apprécier la qualité biologique des milieux et de définir une stratégie de gestion.

MENACES, ACTIONS

RÉDUIRE LES APPORTS

La rétention des toxiques étant plus ou moins irréversible, il est indispensable d'inventorier les apports depuis l'amont et d'agir pour les réduire.

- Agir pour restaurer les peuplements végétaux^{48,49} assimilateurs de toxiques :
 - contrôler les successions végétales⁵⁷,
 - renaturer les terrains dégradés⁵⁷,
 - vasières artificielles⁴¹³,
 - gestion des roselières⁴²⁴,
 - renaturation des boisements artificialisés⁴²⁵,
 - restauration de la végétation des berges des canaux et retenues⁴¹⁷.
- Restaurer la dynamique fluviale⁴³ et lutter contre l'endiguement⁴⁶ :
 - améliorer la qualité de l'eau⁵⁷⁶,

- remettre en eau les annexes fluviales⁵⁷⁴,
- gérer de façon concertée la dynamique fluviale⁵⁷²,
- gérer et restaurer les crues⁵⁷⁵,
- relèvement de la nappe⁴⁸,
- décolmatage des berges⁴¹²,
- gestion intégrée du lit majeur⁴³⁰,
- végétalisation des terrains remaniés⁴²⁷.
- Gérer les apports diffus ou ponctuels issus de l'agriculture, de l'urbanisme :
 - améliorer la qualité des eaux⁵⁷⁶,
 - gestion agricole contractualisée (MAE, CTE)⁴³¹,
 - fermeture de drains en marais et tourbières⁴⁷,
 - renaturation des boisements artificialisés⁴²⁵,
 - renaturation des terres cultivées⁴²⁶,
 - création de bandes enherbées⁴²¹,
 - contrôle des rejets, limitation des apports polluants⁴¹⁵,
 - gestion raisonnée de la démolition⁴²⁹.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Laboratoire Universitaire de Géologie Appliquée, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, Université de Dijon, CNRS-CERR Toulouse, Laboratoire ESNM/IEGB.

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse - CEMAGREF - 1992. Île de La Platière.

BIBLIOGRAPHIE

Fustec E. et Frochet B., 1995. Les fonctions des zones humides - Synthèse bibliographique. AESN, Laboratoire de Géologie Appliquée, Université P. et M. Curie, Paris VI, Laboratoire d'Écologie, Université de Dijon.

Real B., 1997. Étude de l'efficacité de dispositifs enherbés. Agence de l'Eau Loire-Bretagne, ITCF, 24 p.





INTERCEPTION DES MATIÈRES EN SUSPENSION



Les matières en suspension, mobilisées par l'érosion, sont transportées par les eaux de ruissellement et les cours d'eau lors des épisodes pluvieux ou des crues. Lors de la traversée d'une zone humide, la sédimentation provoque la rétention d'une partie des matières en suspension. Ce processus naturel est à l'origine de la fertilisation des zones inondables puis du développement des milieux pionniers*. Il joue un rôle essentiel dans la régé-

neration des zones humides mais induit à terme le comblement de certains milieux (lacs, marais, étangs).

Cette fonction d'interception des matières en suspension contribue à réduire les effets néfastes d'une surcharge des eaux tant pour le fonctionnement écologique des écosystèmes aquatiques que pour les divers usages de l'eau. En outre, elle favorise l'interception et le stockage de divers éléments polluants associés aux particules⁵.

MÉCANISMES

LA RÉTENTION DES MATIÈRES EN SUSPENSION : 3 MÉCANISMES

Au sein des zones humides, la **sédimentation** est le principal processus qui intervient dans la rétention des matières en suspension. Elle est induite par un ralentissement du courant lié à l'étalement de la lame d'eau et à la végétation. A l'interface eau douce-eau salée, la **floculation** de certaines argiles peut entraîner leur dépôt. Ce processus peut être favorisé par l'établissement d'associations entre les argiles et les molécules organiques. Des phénomènes de **précipitation** d'oxydes, d'hydroxydes et de complexes carbonatés se manifestent également dans ces secteurs.

ÉVALUATION

LES PLUIES

Chaque événement pluvial conditionne l'apport de matières en suspension.

L'ABSENCE D'EXUTOIRES

Dans des zones humides dépourvues d'exutoires significatifs, marais et tourbières²⁴⁷, bordure de lacs ou plan d'eau²⁴⁹, les écoulements peuvent devenir quasiment nuls; la rétention des matières en suspension est pratiquement totale.

LES CRUES

Dans les secteurs inondables des plaines alluviales^{244, 245, 246} la dissipation de l'énergie des crues ainsi que le temps de séjour des eaux déterminent l'importance de la sédimentation. La rétention est importante lorsque les conditions favorables sont maintenues sur le parcours des cours d'eau. Il s'agit des mêmes conditions que pour la fonction atténuation des crues⁵.

Il est parfois difficile d'apprécier l'efficacité réelle des zones humides faute de données suffisantes concernant les flux en périodes de crues inondantes. Les différents aménagements réalisés sur les rivières modifient les conditions de transport et de dépôt des matières en suspension dans les bassins fluviaux. L'apparition d'un bourrelet alluvial traduit l'importance de cette fonction à proximité du cours d'eau.

Fustec et Frochot ont synthétisé diverses études sur des petits bassins versants américains (1995) et ont donné les conclusions suivantes.

Une proportion de 10 à 20 % de zones humides réparties dans un bassin versant suffit à assurer une rétention importante des matières en suspension, l'efficacité maximale (environ 90 %) étant atteinte avec une proportion de 40 % en surface.

Une zone humide boisée occupant 36 % de la surface d'un petit sous bassin (16,3 ha) de la Rhode River dans le Maryland (USA) piègeait 94 % des matières en suspension mobilisées dans les zones cultivées à l'amont, la majeure partie étant retenue dans les 20 premiers mètres de la ripisylve.*

Dans deux sous bassins de Caroline du Nord, 84 % et 90 % de rétention dans les zones humides des bassins ont été mesurés, les matériaux les plus grossiers se déposant d'abord dans les zones boisées de fond de vallée, les argiles ne se déposant que dans les formations palustres en bordure des cours d'eau. Une zonation dans la sédimentation apparaît alors au sein du sous bassin versant.*

LES MARÉES

Dans les estuaires et les zones côtières les variations du débit des fleuves interviennent sur le volume des apports et des dépôts dans les zones humides. Mais dans ces milieux intertidaux* c'est avant tout le rythme journalier des marées





et l'alternance des périodes de hautes eaux et de basses eaux qui contrôle le processus.

La vitesse d'accumulation moyenne des sédiments dans les zones humides estuariennes serait à l'échelle du globe, de 0,20 à 0,40 cm/an. D'une manière générale, la dynamique sédimentaire naturelle tend au comblement progressif des estuaires et au resserrement des lignes de rivage. Ce phénomène est incontestablement important et visible à l'échelle humaine comme en témoigne actuellement la vitesse du comblement de la baie du Mont St Michel et de l'Anse de l'Aiguillon en bordure du marais Poitevin, par exemple.

EN PRATIQUE

Le suivi de la teneur en matières en suspension⁵⁶ des eaux de surface en amont en aval des zones humides permet d'estimer la quantité de matières retenues par rapport à la quantité de matières transportées. Des pièges à sédiments disposés en différents points de la zone humide fournissent des informations sur les zones de dépôts préférentielles en période de crue.

En dehors de ces périodes, une rétention peut quand même s'exercer dans des zones humides. Dans ce cas, le bilan entrée-sortie est plus facilement mesurable.

MENACES, ACTIONS

- Restaurer la dynamique fluviale⁴³, lutter contre l'endiguement⁴⁶ et rétablir les crues pour permettre aux zones humides d'être inondées régulièrement et d'assurer ainsi leur fonction épuratoire vis-à-vis des matières en suspension :
 - améliorer la qualité de l'eau⁵⁷⁶,
 - remettre en eau les annexes fluviales⁵⁷⁴,
 - gérer de façon concertée la dynamique fluviale⁵⁷²,
 - restauration de l'espace de liberté⁴¹,
 - reméandrage⁴²,
 - gérer et restaurer les crues⁵⁷⁵,
 - relèvement de la nappe⁴⁸,
 - décolmatage des berges⁴¹²,
 - gestion intégrée du lit mineur⁴³,
 - restauration du lit majeur⁴¹⁴.
- Agir pour restaurer les peuplements végétaux^{48, 49} intercepteurs de matières en suspension :
 - contrôler les successions végétales⁵⁷⁷,
 - renaturer les terrains dégradés⁵⁷⁸,
 - vasières artificielles⁴¹³,
 - gestion des roselières⁴²⁴,

- renaturation des boisements artificialisés⁴²⁵,
- restauration de la végétation des berges des canaux et retenues⁴¹⁹,
- végétalisation des terrains remaniés⁴²⁷,
- utilisation de « techniques végétales douces » lors de travaux en rivière (cf. travaux de Lachat).
- Gérer les apports diffus par ruissellement issus de l'agriculture, de l'urbanisme pour limiter les apports de matières en suspension :
 - améliorer la qualité des eaux⁵⁷⁶,
 - gestion agricole contractualisée (MAE, CTE)⁴³¹,
 - fermeture de drains en marais et tourbières⁴²³,
 - renaturation des boisements artificialisés⁴⁷,
 - renaturation des terres cultivées⁴²⁶,
 - création de bandes enherbées⁴²¹,
 - contrôle des rejets, limitation des apports polluants⁴¹⁵,
 - gestion raisonnée de la démoustication⁴²⁹.

Une étude menée par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne a montré que les bandes enherbées filtrent le ruissellement qu'elles reçoivent et retiennent les matières en suspension. 89 % des MES ont été retenues avec 6 m de bande enherbée, 84 % avec 12 m de bande et 99 % avec 18 m de bande. La moyenne des efficacités enregistrées au cours des expérimentations a été respectivement de 87, 77 et 99 % pour des bandes de 6, 12 et 18 m de large.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Laboratoire Universitaire de Géologie Appliquée, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, Université de Dijon, CNRS-CERR Toulouse, Laboratoire ESNM/IEGB.

BIBLIOGRAPHIE

Fustec E. et Frochot B., 1995. Les fonctions des zones humides - Synthèse bibliographique. AESN, Laboratoire de Géologie Appliquée, Université P. et M. Curie, Paris VI, Laboratoire d'Écologie, Université de Dijon.

Muller S., Laboratoire de Phytoécologie du CREUM, 1998. Étude de l'impact des changements des pratiques agricoles sur la biodiversité* végétale et la fonction d'épuration des eaux dans les prairies alluviales de Lorraine. Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Ministère de l'Environnement et Région Lorraine 23 p.

Real B., 1997. Étude de l'efficacité de dispositifs enherbés. Agence de l'Eau Loire-Bretagne, ITCF, 24 p.

Fustec et Frochot 1995. Agence de l'Eau Loire Bretagne IEA, 1997.





PATRIMOINE NATUREL



L'eau est probablement la plus importante ressource naturelle. Vitale pour tous les organismes vivants elle est aussi un milieu de vie aux conditions très particulières, à l'origine d'un patrimoine naturel riche et diversifié même si depuis un siècle, les zones humides ont

été réduites souvent de façon considérable. La disparition d'une flore et d'une faune endémique* ou très rare est très souvent un signal d'alarme indicateur de la modification de la quantité ou de la qualité de l'eau, de la fragmentation des zones humides...

FONCTIONNEMENT ET ÉVALUATION

Il existe une remarquable interdépendance entre les conditions hydrologiques des zones humides : régimes, variations saisonnières, conditions extrêmes (crues, étiages...) et les conditions de vie : sélection des espèces suivant les facteurs écologiques, condition d'écoulement, résistance aux facteurs extrêmes (vitesse, température...). Ainsi se sont forgées, au cours de l'histoire, notamment en raison du relief, de la nature des sols, de la climatologie des zones humides formées par une mosaïque de biotopes* abritant chacun une biocénose* (faune et flore) bien déterminée.

Le patrimoine naturel d'une zone humide peut être évalué selon un ensemble d'attributs :

- sa richesse exprimée en nombre d'espèces présentes,
- l'importance des populations, exprimée en nombre d'individus des espèces présentes ou en pourcentage de la population globale de l'espèce,
- sa contribution génétique,
- son importance locale, régionale, nationale et européenne,
- sa rareté, exprimée par le nombre d'espèces ayant des aires de répartition restreinte,
- les menaces qui pèsent sur lui, déterminés par le nombre d'espèces menacées ou le pourcentage d'habitats perdus.

LES ZONES HUMIDES, RÉSERVOIRS DE BIODIVERSITÉ*

La biodiversité des zones humides est considérable. De nombreuses espèces y accomplissent la totalité de leur cycle vital ou en dépendent pour leur survie comme la loutre ou quelques grands rapaces.

Avec 1,5 millions d'hectares, soit 3 % du territoire métropolitain, les zones humides françaises hébergent 30 % des espèces végétales remarquables à forte valeur patrimoniale (orchidées, plantes carnivores, carex...) et environ 50 % des espèces d'oiseaux. Les marais, les prairies humides, les lagunes constituent des milieux propices aux oiseaux d'eau. Certaines zones humides jouent même un rôle primordial à l'échelle européenne lorsqu'elles sont situées sur les principaux couloirs de migration. Sur environ 500 000 canards hivernants en France 70 % sont concentrés sur le littoral. À ce contingent d'hivernants, s'ajoute 500 000 à 1 000 000 qui ne font que passer pour hiverner plus au sud. De plus la France accueille 500 000 des 5 millions de limicoles hivernant en Europe, soit 10 % du total. Parmi les oiseaux les plus emblématiques, on dénombre plus de 12 000 flamants roses nichant chaque année en Camargue.



Gentiane pneumonanthe



Drosera à feuilles longues

Les espèces animales et végétales ne se différencient pas seulement par leur régime alimentaire mais également par leur habitat. Elles ont pour chaque facteur écologique, des préférences, bien qu'elles soient toutes plus ou moins adaptables. Ainsi, les adultes peuvent supporter des conditions défavorables de vie sans se reproduire au moins pendant un certain temps. Au delà d'un certain seuil de tolérance, par exemple de certaines valeurs de température ou d'oxygène (valeur létale), elles périssent.





Photo Lennur

Les zones humides constituent un habitat majeur pour l'avifaune.

La faune des poissons d'eau douce est remarquable avec ses 49 espèces indigènes et ses 24 espèces introduites. Le brochet, mesurant plus d'un mètre, est le plus grand prédateur aquatique. Il est très exigeant pour se reproduire puisqu'il utilise la végétation immergée lors des crues, dans les prairies ou les roselières. Les amphibiens (grenouilles, crapauds et tritons) dépendent d'un milieu aquatique pour se reproduire mais un habitat terrestre favorable (prairie, lande, forêt...) leur est tout aussi indispensable.

Le patrimoine naturel des zones humides constitue un champ immense de recherche fondamentale et appliquée qui doit être encore renforcé, tant au niveau local que national. Souvent, certaines espèces sont encore à découvrir, notamment pour la faune entomologique ou bien restent encore très peu connues quant à leurs fonctions dans les écosystèmes.

DES MILIEUX EXTRÊMEMENT PRODUCTIFS

Les zones humides constituent l'habitat naturel de nombreux animaux (invertébrés, poissons, batraciens, oiseaux et mammifères) à l'origine de multiples chaînes alimentaires qui intéressent directement les activités humaines. Ces

milieux sont à l'origine de nombreux produits végétaux et animaux dont tirent profit, directement ou indirectement les populations rurales et urbaines. L'homme s'est installé très souvent près de l'eau pour pêcher ou chasser et cultiver les zones humides très fertiles.

Cette production de matière végétale et animale atteint son plus haut niveau dans les marais côtiers et les estuaires, fournissant de l'ordre de vingt tonnes à l'hectare. Cette forte productivité est liée aux échanges de matières organique et minérale entre les compartiments terrestres et aquatiques, continentaux et océaniques. En comparaison, les forêts ont en moyenne une productivité deux fois plus faible, et les terres cultivées quatre fois plus faibles.

L'augmentation « forcée » des rendements agricoles s'accompagne généralement d'une baisse de biodiversité. En forêt, les peuplements les plus productifs sont aussi souvent les plus pauvres (taillis à courte rotation), alors que les vieilles forêts riches en espèces peuvent présenter une forte biomasse* mais une faible productivité. Les forêts alluviales sont des milieux à la fois exceptionnellement riches en espèces et productifs.*

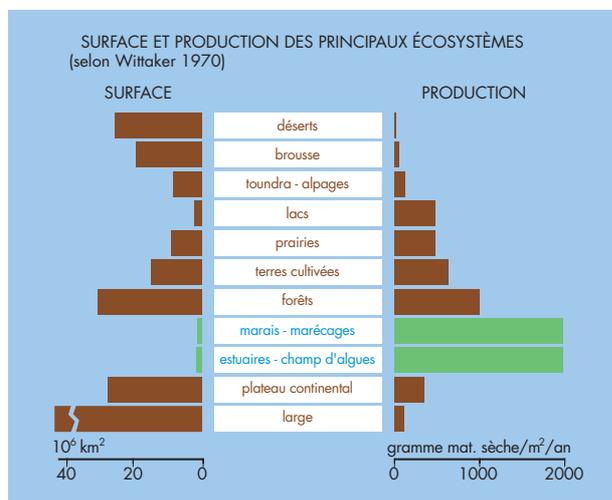
DYSFONCTIONNEMENTS, ACTIONS

Les différents éléments du patrimoine naturel ne sont pas isolés du reste de leur environnement. Par conséquent toutes les atteintes (hydraulique, hydrologique, physico-chimique...) auront des conséquences sur les compartiments vivants et non vivants de la zone humide considérée.

LES FACTEURS QUI AFFECTENT LES ZONES HUMIDES SONT BIEN IDENTIFIÉS

En dépit d'efforts importants ces dernières années, un grand nombre de menaces porte atteinte à l'intégrité et à la fonction de production du patrimoine naturel des zones humides. Elles sont causées principalement par :

- la destruction d'habitats naturels ou la réduction de leur superficie entraînant leur isolement; au niveau international, la disparition des prairies humides naturelles^{m8} pâturées et/ou fauchées est un des principaux facteurs limitant les populations d'oiseaux^{m5},
- la pollution de l'eau^{m1} et l'introduction volontaire ou accidentelle de plantes et d'animaux exotiques^{m9},
- les changements du régime hydrologique^{m3},
- l'augmentation de la demande en eau^{m2} liée à l'accroissement de la démographie et la modification des besoins agricoles^{m8}, industriels et touristiques,





PATRIMOINE NATUREL



- la surexploitation des poissons et autres ressources naturelles (tourbe, roseau...) souvent liée à une méconnaissance de leur caractère insuffisamment renouvelable ou bien à une logique productiviste de court terme.



Photo AESN (X. Boumain)

Les proliférations d'algues et de macrophytes sont une conséquence de l'eutrophisation due à des rejets dans les zones humides d'eaux usées ou d'effluents agricoles chargés en phosphore et en azote.*

À l'urgence d'une réaction de l'opinion publique, des scientifiques et des décideurs face à l'érosion du patrimoine naturel des zones humides répond d'une part le souci de la connaissance (description et inventaire) et d'autre part la nécessité de l'action raisonnée (gestion et conservation).

Le maintien de la biodiversité* des zones humides relève de considérations éthiques socio-économiques, et écologiques. Près des deux tiers de ces zones humides (au moins 2,5 millions d'hectares) ont disparu en France depuis un siècle et les phénomènes de dégradation et de destruction se sont accélérés depuis une quinzaine d'années.

MESURES RÉGLEMENTAIRES ET CONTRACTUELLES

Le maintien de la biodiversité* des zones humides passe par leur conservation et leur gestion donc la mise en place d'instruments juridiques de protection et/ou de maîtrise de la gestion de l'espace.

La Directive européenne Habitats (HFF 92/43) est primordiale puisque 80 % des milieux composant les zones humides sont inscrits en annexe de cette directive (Bardat, 1993). De plus l'ensemble des pays européens a signé la convention de Ramsar* (2 février 1971) relative à la conservation des zones humides. Cette dernière, ratifiée par la France en 1986, engage les états à protéger et gérer les zones humides en conciliant les intérêts écologiques et économiques. D'autres listes (Convention de Berne et de Bonn, Red Data Book de l'UICN...) participent à la protection des espèces des zones humides.

En complément de ces mesures internationales, différentes réglementations nationales existent allant des mesures de protections strictes comme les réserves naturelles, les Arrêtés Préfectoraux de Protection de biotope*, les « forêts de protection » au titre de l'article L.411 1 du code forestier (forêt alluviale humide) à la maîtrise foncière de ces espaces. Ces mesures contractuelles permettent de préserver des sites et d'en organiser la gestion. La loi confère aux départements des compétences particulières en matière d'Espaces Naturels Sensibles. Les conseils régionaux et généraux travaillent en collaboration avec les Conservatoires, les associations de protection, et les scientifiques pour acquérir des zones humides et les gérer.

DE LA CONNAISSANCE À L'ACTION

Pour assurer durablement la conservation et la gestion du patrimoine naturel des zones humides, il faut bien le connaître, analyser ses modes de fonctionnement, évaluer sa richesse, identifier ses besoins et ses limites. Cette connaissance est le fait d'organismes et de personnes très divers (milieu universitaire, associatif, administratif...). Il s'agit de construire un véritable savoir-faire sur la base de solides données scientifiques et des différentes expériences de gestion en cours ou à venir.

INFORMER ET SENSIBILISER LES CITOYENS

En complément d'une augmentation des connaissances, de leur mise en application pour la gestion des milieux, il convient d'informer et de sensibiliser les citoyens par le biais de visites guidées dans les sites. Ces démarches pédagogiques essentielles doivent cependant faire l'objet d'un contrôle et d'une canalisation de la fréquentation⁴³².

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Barbault R., 1992. Écologie des peuplements. Structure, dynamique et évolution. Masson, Paris, 267 p.

Chauvet M. et Olivier L., 1993. La biodiversité*. Enjeu planétaire. Préserver notre patrimoine génétique. Édit. Sang de la Terre. 410 p.

Skinner J. & Zalewski S., 1995. Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes. Tour du Valat, MedWet (Arles) France, numéro 2, 80 p.

Tamisier A. et Dehorter D. 1999. Camargue, canards et Foulques. Fonctionnement et devenir d'un prestigieux quartier d'hiver. Centre ornithologique du Gard, 365 p.





LES MENACES ET ATTEINTES

SOMMAIRE

- M1 POLLUTION, EUTROPHISATION
 - M2 PRÉLÈVEMENTS EXCESSIFS
 - M3 INCISION ET STABILISATION DES COURS D'EAU
 - M4 SÉDIMENTATION, COLMATAGE
 - M5 MISE EN RETENUE
 - M6 REMBLAIEMENT, ENDIGUEMENT
 - M7 EXTRACTION DE MATÉRIAUX
 - M8 ABANDON DES ACTIVITÉS TRADITIONNELLES ET INTENSIFICATION
 - M9 PROLIFÉRATION D'ESPÈCES EXOTIQUES
- QUITTER





Expansion des crues

Régulation des débits...

Recharge des nappes

Recharge du débit solide...

Régulation des nutriments

Rétention des toxiques...

Interception des MES...

Patrimoine naturel

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8

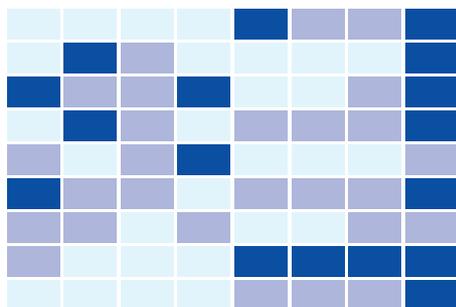
De nombreuses menaces portent atteinte aux fonctions des zones humides :

- perturbation du régime hydraulique,
- dégradation de la qualité de l'eau,
- perturbation de l'écosystème ou même disparition totale par assèchement, exploitation ou comblement.

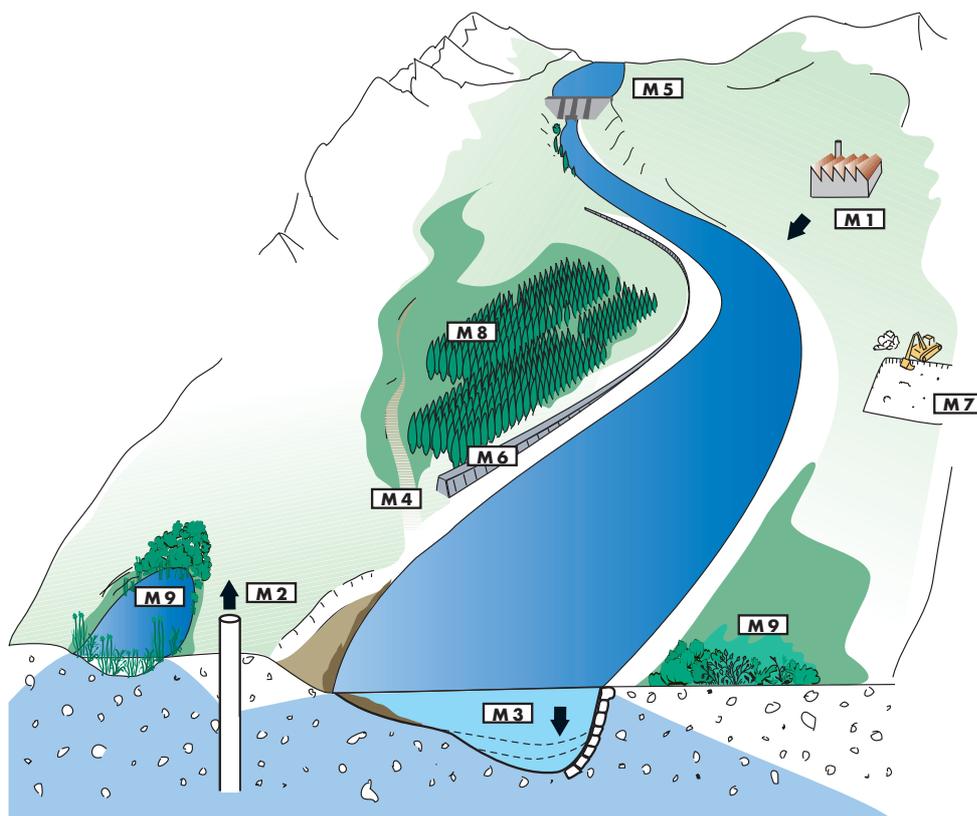
Forte 

Faible, moyenne 

Aucune 



- M1 Pollution, eutrophisation
- M2 Prélèvements d'eau excessifs
- M3 Incision et stabilisation des cours d'eau
- M4 Sédimentation-colmatage
- M5 Mise en retenue
- M6 Remblaiement-endiguement
- M7 Extraction de matériaux
- M8 Artificialisation de la végétation
- M9 Prolifération d'espèces exotiques





POLLUTION, EUTROPHISATION

Les zones humides subissent différents types de pollutions : organique, bactériologique, toxique, saline, thermique. Parmi elles, l'eutrophisation* est un phénomène

d'enrichissement excessif des eaux en nutriments* (azote, phosphore)^{F5}.

ORIGINE ET PROCESSUS

Les flux de pollution sont rejetés soit directement dans la zone humide (rejets d'eau non traités ou mal traités, rejets accidentels), soit indirectement après le lessivage des sols chargés en substances diverses (engrais, pesticides...) ou par le transport aérien de particules.

Les pollutions organiques ont pour origine une augmentation de la concentration en matière organique (rejets industriels, domestiques) dont la dégradation provoque la baisse du taux d'oxygène dans l'eau.

Les pollutions bactériologiques sont dues à un apport de micro-organismes pathogènes (eaux usées) dans les milieux aquatiques.

Les pollutions toxiques chroniques ou accidentelles sont liées à la contamination des zones humides par des éléments toxiques variés : métaux lourds, hydrocarbures, composés phytosanitaires (pesticides employés en agriculture); les matières en suspension en sont souvent le support. Elles peuvent conduire à des modifications de la composition des organismes aquatiques ainsi qu'à une contamination du milieu aquatique (faune, flore, sédiments).

L'**eutrophisation**, enrichissement accéléré des eaux en nutriments, provient essentiellement des activités agricoles et des eaux usées. Les apports sont exacerbés par l'augmentation du ruissellement sur les terres agricoles (suppression des haies et des ripisylves* en bordures de cours d'eau, drainage). Elle provoque une dystrophie (eutrophisation accélérée) des milieux aquatiques qui entraîne de graves perturbations dans les écosystèmes et une pollution des eaux (asphyxie) : production en grande quantité de matière végétale, chute du taux d'oxygène dissous (asphyxie des eaux), mortalité massive de poissons, disparition des espèces sensibles, comblement accéléré, banalisation de la flore et de la faune...

L'**augmentation des chlorures** dans un milieu peut conduire à une modification des populations animales et végétales de la zone humide par une augmentation de la salinité des eaux.

La **pollution thermique** principalement liée aux rejets d'eau de refroidissement des centrales nucléaires, induit essentiellement des changements dans les communautés végé-

tales et animales. En France, ceci ne concerne néanmoins que le chenal principal des grands fleuves.

IMPACTS

POLLUTION DES EAUX

Les zones humides présentent des capacités de réduction des flux polluants : pouvoir épurateur^{F5, F6, F7}. La pollution des eaux peut conduire au dépassement du seuil de référence au delà duquel ce pouvoir n'est plus assuré. Ceci se traduit par une surproduction de phytoplancton, une diminution de la transparence de l'eau, une asphyxie progressive du milieu... Il y a restitution totale de la pollution à l'aval.

Le développement des grandes cultures, l'assainissement insuffisant des agglomérations et des rejets industriels conduisent couramment à des situations de pollution excessive; les usages de l'eau tels que l'alimentation en eau, la pêche, la baignade peuvent alors être remis en question.

TOXICITÉ DES SÉDIMENTS

La rétention des substances toxiques^{F8} peut conduire à une mortalité de la faune et de la flore aquatiques. Les espèces les plus sensibles disparaissent en priorité. La toxicité croissante, les espèces les plus tolérantes disparaissent en dernier lieu.

Globalement, l'effet toxique des molécules organiques complexes (hydrocarbures aromatiques polycycliques, polychlorobiphényles, composés organohalogénés volatils...), des métaux lourds, et de la matière organique s'observe pour des teneurs respectives très différentes, sans compter, les phénomènes de mieux en mieux connus d'interaction.

L'usage de l'eau concerné est en premier lieu l'intérêt halieutique* du milieu qui peut être compromis, cet usage est celui qui est le plus perturbé par ces toxiques.

ATTERRISSEMENT* ACCÉLÉRÉ DES ZONES HUMIDES

Le comblement des zones humides est un processus naturel. La rupture de l'équilibre trophique* d'une part, l'abondance de matières en suspension d'autre part conduit à un





comblement accéléré. Les milieux fermés comme les marais, lagunes, étangs, gravières peu profondes sont évidemment plus sensibles au comblement que les autres types de zones humides.

BANALISATION ÉCOLOGIQUE ET PERTE D'INTÉRÊT PATRIMONIAL

La pollution et l'eutrophisation* impliquent la disparition des espèces vivantes sensibles. La diversité écologique du milieu s'appauvrit et l'intérêt patrimonial s'en ressent.

UN EFFET DE SEUIL À NE PAS DÉPASSER

Bien que les zones humides jouent un rôle important dans la régulation des nutriments⁵, la rétention des toxiques⁶ et des matières en suspension⁷, il existe un seuil pour les flux polluants entrants à ne pas dépasser. Ce dernier, variable en fonction de chaque type de zone humide, doit être défini par une étude approfondie de terrain.

Ces fonctions assurées par la présence des zones humides en divers points de l'amont et de l'aval des bassins, sont essentielles dans la mesure où elles contribuent à réduire les effets néfastes d'une surcharge des eaux en pollution, tant pour le fonctionnement écologique des écosystèmes aquatiques que pour divers usages de l'eau.

Dans beaucoup de milieux fermés peu profonds, le facteur limitant le développement du phytoplancton est l'apport en phosphore. En effet, les concentrations en phosphates dans les eaux sont en général de l'ordre de quelques centièmes de mg/l, donc 1000 fois plus faibles que celles des nitrates et des bicarbonates. La population algale s'adapte au rapport N/P (nitrates/phosphates). Un taux de phosphate important favoriserait le développement de cyanophycées, dont certaines excréations sont toxiques.

Le niveau trophique de ces milieux fait l'objet d'une classification basée sur la teneur (en mg/m³ d'eau) en phosphore, en chlorophylle a et sur la transparence.*

LES CONSÉQUENCES ÉCONOMIQUES DES POLLUTIONS SONT LOURDES

Elles sont importantes en raison de :

- la limitation, voire l'interdiction momentanée ou définitive des usages liés à la zone humide et de certains usages de l'eau,
- la recherche de ressource de substitution quand elle existe ou la mise en place d'un traitement des eaux, lourd et coûteux.

La nappe d'eau située sous les zones humides de la vallée de la Saône représente 57,5 millions de mètres cubes pour l'alimentation en eau potable. Le retournement des prairies humides puis leur mise en culture intensive (maïs) ont progressé à proximité de nombreux champs captants; la menace est réelle d'une intervention lourde de traitement de l'eau potable en raison de la pollution de la nappe est réelle. Le coût des équipements d'épuration nécessaires pour traiter cette ressource en eau est de l'ordre de 50 millions de francs par an (traitement azote et pesticides).

La dégradation de la qualité des eaux des zones humides peut avoir des conséquences importantes sur les usages alimentation en eau potable, alimentation en eau industrielle (d'autant plus quand il n'existe pas de ressource de substitution) et sur des fonctions de production (pisciculture, ostréiculture...).

L'eutrophisation des lagunes côtières du Languedoc-Roussillon liée aux pollutions agricoles et urbaines entraîne une mortalité importante des coquillages et des poissons durant les étés chauds. En 1987, la destruction de l'ostréiculture locale a ainsi généré une perte d'environ 35 millions de francs.

ACTIONS

COMMENT IDENTIFIER UNE POLLUTION ? COMMENT SUIVRE LA QUALITÉ DES ZONES HUMIDES ?

En complément des indications pratiques des fiches F5, F6 et F7, le système d'évaluation de la qualité des cours d'eau et plans d'eau (SEQ-Eau) fournit des grilles d'évaluation pouvant orienter sur la qualité des milieux aquatiques (le SEQ-Eau n'est pas dédié aux zones humides). Des méthodes utilisant par exemple les oiseaux sont testées à l'heure actuelle pour suivre la qualité des milieux humides.

LA PRÉVENTION DES POLLUTIONS EST PLUS FACILE ET MOINS COÛTEUSE QUE LA RÉHABILITATION.

Le risque de pollution et notamment d'eutrophisation peut être réduit par la limitation des flux polluants directs dans le milieu :

- **Limiter et contrôler les rejets¹⁵**

Le contrôle des rejets industriels et des collectivités locales est favorisé par la politique des Agences de l'Eau en France.





POLLUTION, EUTROPHISATION

Le principe « pollueur-payeur » permet de limiter les flux de pollution rejetés dans les milieux aquatiques.

Par exemple, l'élimination du phosphore, facteur limitant de l'eutrophisation*, en station d'épuration doit être combinée à des mesures de substitution des phosphates dans les détergents.

Par rapport à 1991, la généralisation de la politique de déphosphatation à l'échelle du bassin de la Seine montre que les blooms phytoplanctoniques les plus intenses sont réduits de 30 à 50 %; tandis que le traitement de l'azote des eaux résiduaires urbaines (par dénitrification) serait sans effet sur les processus d'eutrophisation tant dans le réseau hydrographique que dans les zones côtières (La Seine en son bassin, fonctionnement écologique d'un système fluvial anthropisé, 1998).*

La limitation des pollutions accidentelles dépend du même principe d'action (mise en place de dispositifs de sécurité, de surveillance, d'alerte et d'intervention).

- **Les dispositifs juridiques^{A30} :**
 - la loi sur l'eau du 3 janvier 1992,
 - le décret n° 93-743 du 29 mars 1993,
 - mesures de réduction des nitrates objectifs 2002...
- **Les mesures agri-environnementales^{A31} et la création de « zones tampons » :**
 - la création de bandes enherbées^{A21},
 - la création de vasières^{A13},
 - la réalimentation en eau des marais et prairies humides,
 - le contrôle de la végétation par le pastoralisme^{A22},
 - la gestion des roselières^{A24}.

LES TRAVAUX DE RÉHABILITATION

Après identification et maîtrise des sources de pollutions, des travaux de réhabilitation peuvent être entrepris :

- la résorption de stockage de déchets,
- des travaux en rivière, l'entretien de la végétation aquatique avec exportation de la biomasse*,
- le curage des sédiments pollués dans des étangs-lacs-annexes hydrauliques de cours d'eau,
- la réoxygénation de lac et étang.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

CNRS-CERR Toulouse, Laboratoire ESNM/IEGB.

BIBLIOGRAPHIE

CNRS, 1991. Les nitrates dans les vallées alluviales.

Agence de l'Eau Adour-Garonne, 1994. Écologie et gestion, revue de l'Agence de l'eau n° 60.

Les techniques de l'industrie minière – n° 1/1999. Impact des gravières sur la qualité des eaux.

Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau – Projet SEQ-Eau – Études interagences, rapport de présentation – juin 1998.





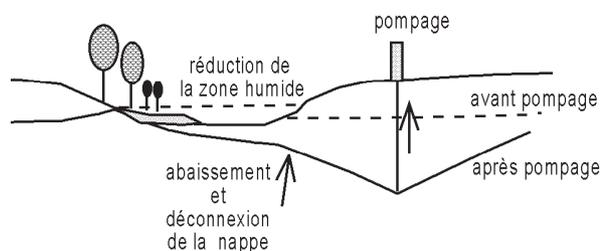
PRÉLÈVEMENTS EXCESSIFS

Des prélèvements d'eau dans le milieu naturel peuvent être préjudiciables pour les zones humides lorsqu'ils

entraînent une baisse significative du niveau naturel des eaux.

ORIGINE ET PROCESSUS

- Des prélèvements directs dans une zone humide peuvent provoquer son assèchement partiel ou total lorsqu'ils dépassent sa capacité de réalimentation naturelle.
- Indirectement, des prélèvements excessifs dans la nappe à proximité d'une zone humide peuvent provoquer un enfouissement progressif de la nappe phréatique. Cet enfouissement réduit ou supprime la connexion entre la zone humide et la nappe et remet en cause la conservation de la biocénose* (populations végétales et animales). La végétation située dans cette zone de pompage ne peut plus atteindre la nappe et dépérit au profit d'une végétation terrestre. À terme, c'est la disparition totale de la zone humide qui est en jeu.



- Zones humides associées à un cours d'eau : la nappe, dans son état naturel et hors période de crue, alimente généralement le cours d'eau et les zones humides associées et se trouve en équilibre hydraulique avec eux. La mise en route de pompages dans la nappe entraîne une inversion des écoulements : la rivière réalimente alors la nappe, ce qui contribue à limiter la baisse du niveau d'eau engendrée par le pompage. Toutefois, si les débits pompés en nappe sont importants au regard des capacités de réalimentation de la rivière, l'abaissement de niveau de la nappe peut menacer localement la pérennité des zones humides associées. C'est le cas par exemple lorsque des prélèvements forts dans la nappe se conjuguent avec l'étiage du cours d'eau : à court terme, la zone humide totalement déconnectée hydrauliquement peut disparaître.

IMPACTS

Les fonctions menacées par une baisse de niveau d'eau sont le patrimoine naturel¹⁶, le soutien aux étiages¹⁷ et la régulation des nutriments¹⁸. La préservation de ces fonctions peut donner lieu à conflit d'usage avec :

- les prélèvements pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation, l'industrie,
- le drainage des marais pour l'agriculture ou l'urbanisation,
- l'extraction de granulats avec rabattement de nappe,
- les prélèvements en zones humides d'altitude pour les canons à neige, etc.

LES PRÉLÈVEMENTS EN FRANCE :

17 % pour l'AEP, 36 % pour irrigation, 47 % pour l'industrie et l'énergie

La répartition entre pompage en eau de surface et en eau souterraine est la suivante :

Eaux	Alimentation Collectivités	Irrigation	Industrie
Souterraines	60	20	40
Superficielles	40	80	60

Les enjeux sont différents suivant le type de zone humide et sa localisation dans le bassin versant* :

- Les zones humides sans connexion avec un cours d'eau et soumises à des prélèvements directs sont particulièrement fragiles.
- Pour les zones humides connectées avec un cours d'eau, les conséquences de pompages dans la nappe d'accompagnement du cours d'eau dépendent du degré de connexion hydraulique entre la zone humide, la nappe et le cours d'eau, et de l'intensité des pompages pratiqués. Ce cas se rencontre fréquemment dans les nappes alluviales où le conflit d'usage est courant entre création de captages, exploitation de granulats et préservation des zones humides.



Un exemple : le dépérissement de la forêt alluviale

L'évolution de la composition floristique (diminution des espèces hygrophiles* – qui aiment l'eau – au profit des espèces terrestres) ou les signes de dépérissement de la forêt alluviale (mortalité d'arbres) peuvent être suivis et observés : les racines des arbres atteignant l'obstacle que constitue le plancher de gravier ne peuvent plus s'enfoncer dans le sol à la recherche d'eau.

Ce phénomène peut atteindre son paroxysme avec le dépérissement de la forêt alluviale et l'assèchement de l'annexe hydraulique située à proximité.

COMMENT SUIVRE L'ABAISSEMENT DE LA NAPPE ? QUELS SONT LES TÉMOINS DE CET ABAISSEMENT ?

La mise en place d'un réseau de piézomètres⁵⁴ permet de suivre l'évolution de la hauteur de la nappe. L'utilisation des données peut être primordiale dans le cas de la réalisation d'un modèle mathématique prévisionnel. Le suivi hydrobiologique⁵⁵ et le suivi de la flore terrestre⁵⁶ peuvent permettre de suivre visuellement les conséquences de l'abaissement piézométrique. Pour en suivre les impacts et établir un programme de réhabilitation, il faut définir la formation végétale que l'on veut conserver et connaître la hauteur de la nappe nécessaire à cette conservation.

ACTIONS

GÉRER :

- Gérer les pompages :
La gestion concertée et équilibrée des pompages est

une mesure essentielle pour la préservation des zones humides.

- Limiter les pompages :
Il peut être envisagé de limiter voire d'interdire les pompages.
- Définir un emplacement et un régime de pompage adéquat :
Lors de l'étude de faisabilité de captages dans les plaines alluviales, il faut choisir la localisation des pompages de façon à minimiser leur impact sur des milieux qui auront été préalablement définis comme « sensibles » (zone humide).

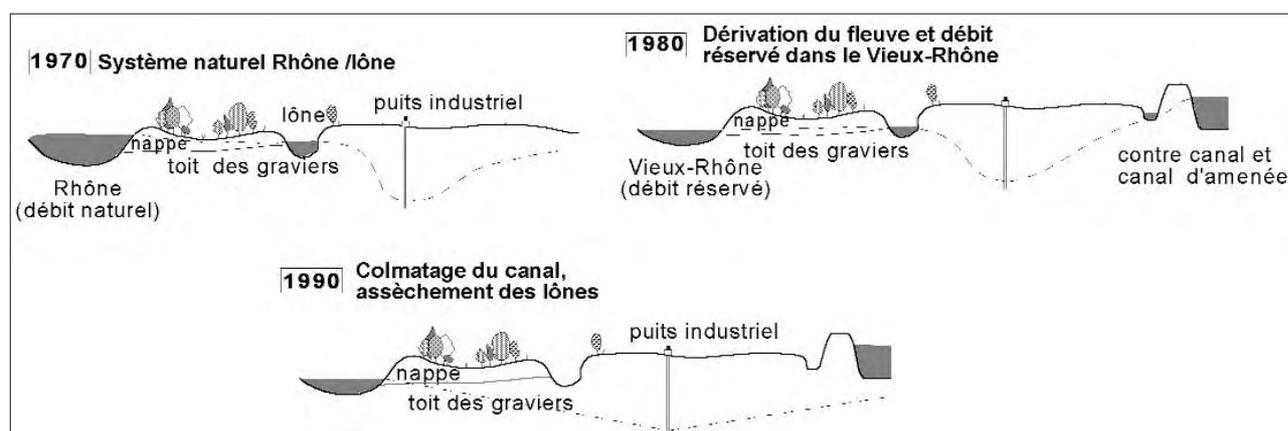
Dans le cas de la création de gravière et de leur exploitation avec rabattement de nappe, une étude hydrogéologique fine permet de situer les impacts sur les zones humides annexes et de dresser un plan de gestion en adéquation avec leur maintien.

RÉHABILITER

La réhabilitation passe par le relèvement de la nappe⁵⁵. Il faut définir l'objectif piézométrique que l'on se fixe, puis identifier les différents moyens d'action pour y parvenir :

- la mise en place de bassins d'infiltration,
- la réalisation de canaux alimentant des puits de réinfiltration de la nappe,
- la réalimentation des anciens bras avec maintien des crues^{A10},
- le décolmatage des sédiments, et l'ouverture du bras vers l'aval^{A12},
- l'augmentation du débit réservé du cours d'eau principal^{A5},
- la gestion concertée des niveaux d'eau,
- la réalimentation de la nappe par les crues.

Un exemple de réalisation : La réserve naturelle de la Platière





PRÉLÈVEMENTS EXCESSIFS



POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Bureaux d'Études d'Ingénieurs Conseils, Réserve Naturelle de l'Île de la Platière.

BIBLIOGRAPHIE

BURGEAP-Agence de l'Eau R-M-C, 1995. Modèle mathématique des relations cours d'eau-nappe et des écoulements souterrains de l'Île de la Platière et alentours : expertise des modalités hydrauliques de renaturation du Rhône court-circuité de Péage de Roussillon.

ADEBEM, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, 1979. Influence de l'assèchement des marais et du drainage des zones humides sur le débit des cours d'eau.





INCISION ET STABILISATION DES COURS D'EAU



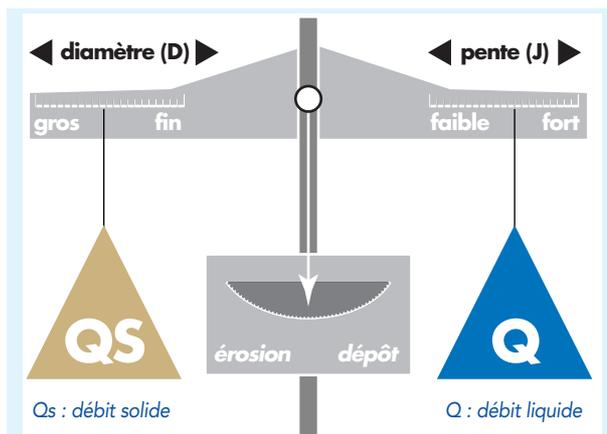
De très nombreux cours d'eau européens connaissent une dégradation générale, même sans avoir fait l'objet d'aménagements lourds. Cette « métamorphose » des

rivières se traduit par deux phénomènes interdépendants : l'enfoncement du lit (incision) et une diminution de la dynamique latérale.

ORIGINE ET PROCESSUS

L'INCISION, MALADIE DES COURS D'EAU OCCIDENTAUX

La géométrie des cours d'eau est largement liée à leur alimentation en eau et en sédiments.



L'évolution de cette alimentation entraîne une modification physique du cours d'eau.

D joue dans le même sens que Q_s

J joue dans le même sens que Q

Si oscillation régulière : équilibre dynamique

Si permanence d'une tendance : érosion ou dépôt = tendance au déséquilibre

Si blocage d'un côté ou de l'autre : déséquilibre total

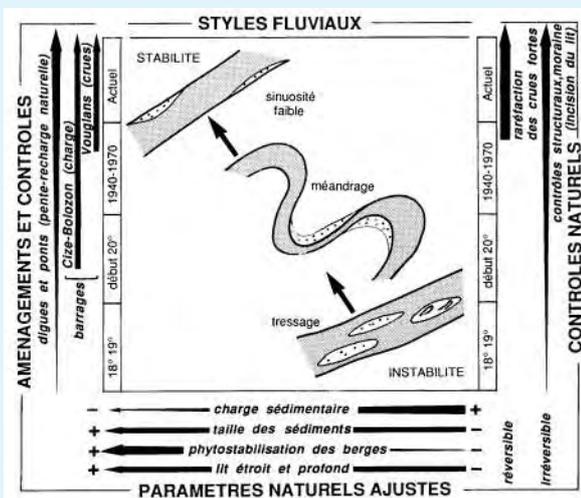
D'après *River bank erosion. US Army Corps of Engineers, 1985*

UN COROLLAIRE : LA DIMINUTION DE LA DYNAMIQUE FLUVIALE

L'incision s'accompagne généralement d'une réduction des érosions des berges et des divagations naturelles de la rivière. Le cours d'eau devient plus stable; les grèves se boisent; les bras annexes connaissent une forte sédimentation.

La métamorphose de la basse rivière d'Ain

Cette rivière a véritablement changé de paysage en un siècle. Autrefois divisée en de nombreux bras de tressage, elle présente de plus en plus un cours droit et stable. Cette évolution est liée à un grand nombre de phénomènes complexes comme le montre ce schéma :



Source : Fagot et al. 1989

IMPACTS

UNE COUPURE ENTRE LA RIVIÈRE ET SA VALLÉE

L'assèchement des nappes et annexes

En s'enfonçant, le cours d'eau entraîne l'abaissement des lignes d'eau des nappes et des annexes fluviales.

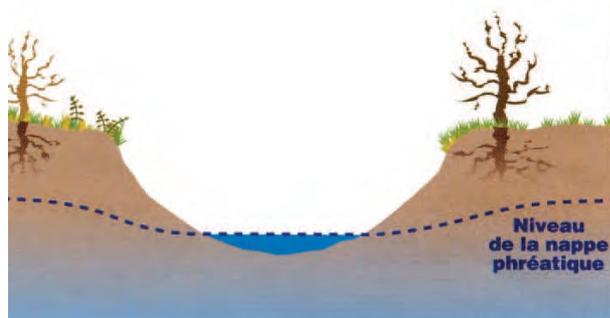
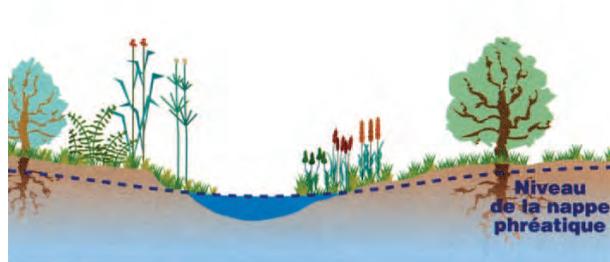
L'abaissement des nappes pose un problème en matière de





ressource en eau : volume et accessibilité des nappes pour l'alimentation en eau potable (AEP), l'agriculture ou l'industrie. Il prive les végétaux d'une alimentation en eau, fondamentale pour leur développement, provoquant des mortalités d'arbres ou tout au moins une modification de la composition des groupements végétaux.

L'enfoncement de la rivière : des conséquences négatives



Incision, niveau de la nappe et état de la végétation (source : Marson 1994)

L'abaissement des lignes d'eau se traduit souvent directement par l'assèchement complet des annexes fluviales.

Des effets inattendus

La métamorphose de la rivière peut se traduire par une augmentation de sa pente. Il peut en résulter des modifications de composition des écosystèmes. Sur l'Ain, les espèces d'oiseaux des rivières tressées ont disparu ou se raréfient (sternes, gravelots...) tandis que les espèces des rivières rapides à lit unique descendent dans la basse plaine (cinclé, bergeronnette des ruisseaux).

Dans quelques cas, l'incision entraîne une modification de l'alimentation en eau des annexes qui ne sont plus alimentées par le fleuve, mais encore par la nappe.

UN « VIEILLISSEMENT » DES ÉCOSYSTÈMES

La diminution de la dynamique latérale entraîne la régression des milieux « jeunes » (sédiments nus, végétation annuelle) au profit des boisements et des cultures. Il en résulte une raréfaction ou une disparition de communautés floristiques et faunistiques remarquables.

DES CRUES PERTURBÉES

L'incision peut entraîner un abaissement des lignes d'eau en crue parce que la capacité hydraulique du lit mineur augmente. L'écrêtement est alors réduit.

Toutefois, cet impact est parfois contrecarré par la végétalisation des grèves, surtout dans les rivières à large lit mineur (voir schémas page 3).

ACTIONS

RESTAURER LA DYNAMIQUE FLUVIALE

Protéger le débit solide du cours d'eau

Les extractions en lit mineur sont aujourd'hui interdites sur l'ensemble du territoire français. Malheureusement, l'impact de ces prélèvements peut se prolonger dans le temps jusqu'à ce que la rivière retrouve un profil d'équilibre ; l'arrêt des prélèvements ne suffit pas à interrompre le processus d'incision.

Par ailleurs, il convient d'être vigilant à propos d'autres types d'intervention :

- **Les travaux d'entretien** des lits mineurs doivent se faire sans exportation de sédiments en dehors du lit⁴³.
- **Les extractions en lit majeur⁴⁷** peuvent avoir un impact sur la rivière ; celle-ci peut, après érosion de la berge, couler directement (« capture ») dans la gravière qui constituera alors un piège à sédiments, point de départ d'une érosion vers l'amont et l'aval.
- **La gestion des barrages** au fil de l'eau peut être améliorée afin de faciliter le transit des sédiments (par exemple, levée des vannes de fond dès le début d'une crue, au lieu du déversement au dessus du barrage).

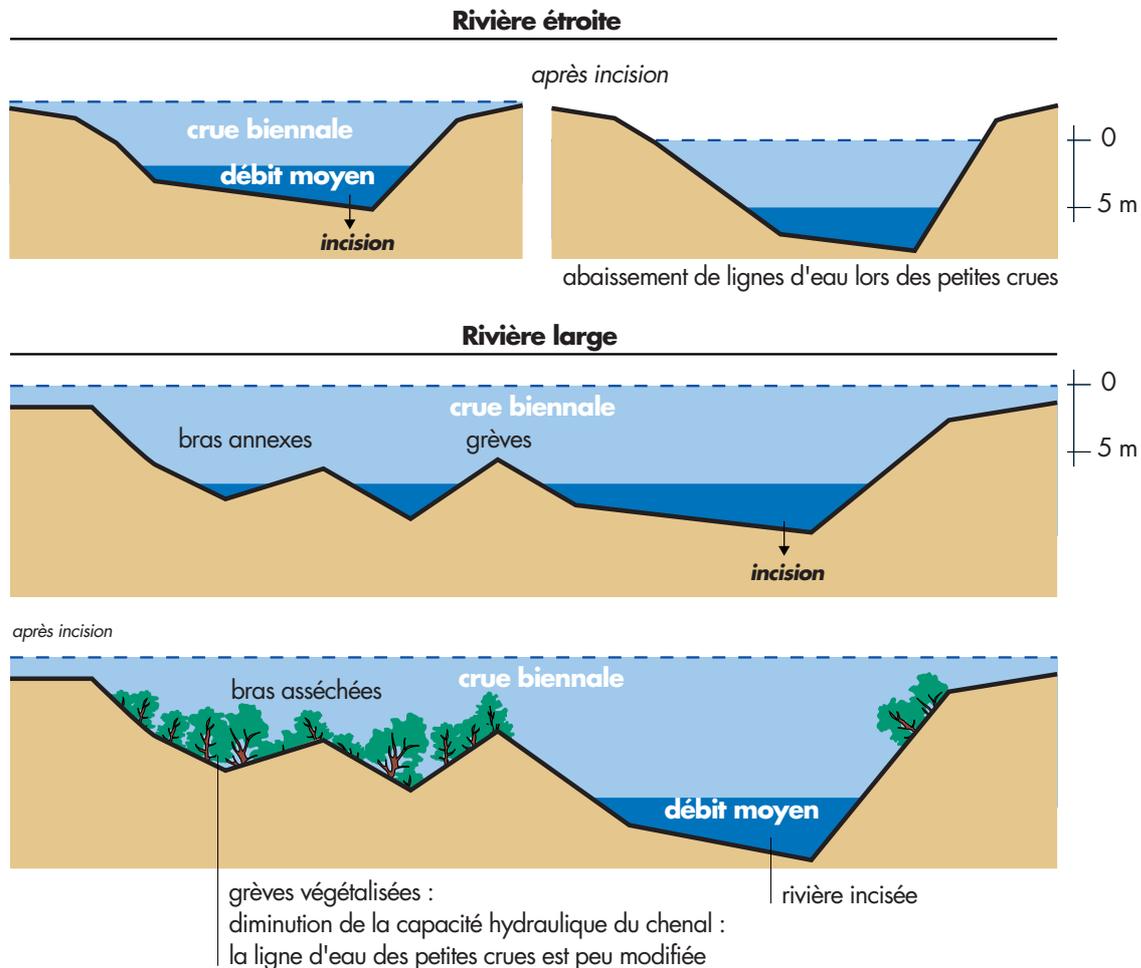
RESTAURER L'ESPACE DE LIBERTÉ DE LA RIVIÈRE

L'espace de liberté⁴¹ est la partie du lit majeur où l'érosion est possible, permettant la recharge du débit solide. Une fois cartographié, l'espace de liberté devra être protégé par des mesures conventionnelles ou réglementaires : contrôle de l'urbanisation, absence de protection de berges ou d'infrastructures...





INCISION ET STABILISATION DES COURS D'EAU



Dans l'espace de liberté en particulier, les ponts doivent présenter la plus grande largeur possible, en respectant l'ensemble du lit mineur et des bras du cours d'eau. Une concentration des eaux sous l'ouvrage conduit en effet à une accélération du courant, responsable de l'érosion du fond.

Il est parfois possible de tenter d'activer la dynamique (érosion et dépôts) de l'espace de liberté, afin de contribuer à la recharge du débit solide.

En redonnant à la rivière des matériaux à transporter, on permet de dissiper l'énergie de l'eau par le transport et non par le creusement. Plusieurs formules peuvent être utilisées :

- Aide à la recharge naturelle du débit solide (déstabilisation des bancs...).
- Recharge artificielle du débit solide (déversement de graviers).

Agir sur les symptômes : protection du fond⁶⁶

Dans les cas d'incision les plus graves, la stabilisation du profil est nécessaire : seuils, protections de fond, reconstitution de pavage...

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Bravard (J.P.), Petit (F.), 1997. Les cours d'eau, dynamique du système fluvial. Armand Colin. Paris, 222 p.

EPTEAU, Malavoi (J.R.), 1998. L'espace de liberté. Guide du SDAGE RMC, Agence de l'eau RMC.

ÉTUDES DE CAS

K2 : vallée du Drugeon

K5 : basse vallée de l'Allier

K10 : vallée de la Moselle





SÉDIMENTATION, COLMATAGE



Les matières en suspension dans l'eau peuvent se déposer et s'accumuler dans les cours d'eau et les zones humides associées. Une importante accumulation induit

une diminution des capacités d'échanges et limite les flux avec les milieux adjacents.

ORIGINE ET PROCESSUS

LA SÉDIMENTATION

La sédimentation est un phénomène naturel qui se manifeste par un dépôt de matières organiques ou minérales issues de l'érosion ou de la production de biomasse* dans l'eau.

Les matériaux transportés et déposés sont

- D'origine naturelle :
 - Les matériaux (charriage grossier et matières en suspension) véhiculés par les crues provoquent des remblaiements spontanés.
 - Les résidus organiques issus de la dégradation de la faune et de la flore aquatique ou de la ripisylve* s'accumulent sur le fond du lit, les berges et les talus.
- Ou d'origine anthropique* :
 - les lâchers de barrage provoquent en aval du cours d'eau un afflux solide très important. Les matériaux artificiellement libérés se déposent ensuite par processus naturel dans des zones à courant plus faible (lit mineur aval, annexes hydrauliques, marais),
 - les travaux de curage en rivière, les travaux de terrassement suivis d'une période pluvieuse (ruissellement important d'eau chargée en matières en suspension) peuvent eux aussi être à l'origine d'une sédimentation,
 - l'accentuation du lessivage des sols, par l'imperméabilisation ou l'absence de bandes enherbées et de haies à la périphérie des champs, contribue à la production solide vers les cours d'eau récepteurs.

IMPACTS

Les impacts de cette menace sur une zone humide concernent son fonctionnement, sa structure, la qualité de l'eau et des sédiments, les potentialités biologiques et les usages.

IMPACTS SUR LE FONCTIONNEMENT

Une forte sédimentation provoque le colmatage de la zone humide

Les zones humides sont caractérisées par les bilans entrée/sortie d'eau de nutriments* et autres substances dis-

soutes de biomasse et de solides. Un bilan excédentaire en biomasse ou en solides implique à plus ou moins long terme un colmatage de la zone humide. Ce colmatage s'accompagne d'une réduction de la capacité de stockage et d'une imperméabilisation qui limitent les échanges avec le cours d'eau et/ou la nappe phréatique.

Une réduction des fluctuations des niveaux d'eau provoque le colmatage des berges.

Les aménagements fluviaux stabilisent souvent les fluctuations de niveaux de l'eau et les échanges avec la nappe. Il en résulte un colmatage des berges d'origine mécanique ou biogéochimique.

- les grands barrages soutiennent les étiages et suppriment les petites crues,
- les barrages au fil de l'eau et les seuils stabilisent les lignes d'eau,
- la limitation de la fréquence des épisodes de décrue ne permet plus la décharge de la nappe vers le cours d'eau. Le décolmatage par ce processus n'a plus lieu.

IMPACTS SUR LA STRUCTURE

L'atterrissement* réduit la superficie et la capacité de stockage des zones humides; à terme il provoque leur disparition.

IMPACTS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU ET DES SÉDIMENTS

Les matériaux charriés et déposés sont le support de nutriments et de toxiques. Les échanges par contact solide/liquide ont une incidence sur la qualité de l'eau interstitielle des sédiments et de l'eau libre. La modification des caractéristiques hydrodynamiques qu'implique le colmatage modifie les conditions d'oxygénation, de minéralisation de la matière organique et de circulation des flux de nutriments.

La sédimentation peut être source de pollution à « retardement » dans les zones humides stagnantes. Une partie de la charge polluante se dépose sur le fond où elle forme des vases anaérobies* (sans oxygène). La remise en suspension brutale de ces vases lors de fortes chaleurs s'accompagne d'une brusque consommation d'oxygène, critique pour les organismes vivants, avec libération de gaz malodorants, de sulfure de fer (couleur noire) etc.



IMPACTS SUR LES POTENTIALITÉS BIOLOGIQUES

Dans une zone humide fermée (mare, étangs, marais déconnectés...) ou une tourbière, un apport important de matières en suspension peut provoquer un colmatage de la végétation et une « asphyxie » des populations végétales et animales.

Par ailleurs, le colmatage des berges entraîne une évolution des populations végétales (voir dessin). On peut assister par exemple au remplacement de la saulaie blanche par une aulnaie glutineuse moins originale.

LA SÉDIMENTATION ET LE COLMATAGE PERTURBENT LES USAGES DE L'EAU.

La sédimentation importante de cours d'eau, d'annexes hydrauliques, d'étangs, de mares, de tourbières, etc. peut perturber momentanément ou définitivement les différents usages de l'eau : pêche (mortalité des poissons), chasse au gibier d'eau, sports nautiques (tirant d'eau insuffisant), visites naturalistes (banalisation des milieux). La qualité de la res-

Des lâchers de barrage, peuvent provoquer un colmatage des berges en aval, même à plusieurs centaines de kilomètres. Les capacités de captages dans les plaines alluviales peuvent être momentanément compromises (cas du champ captant de Lyon lors de la vidange du barrage de Génissiat en 1978).

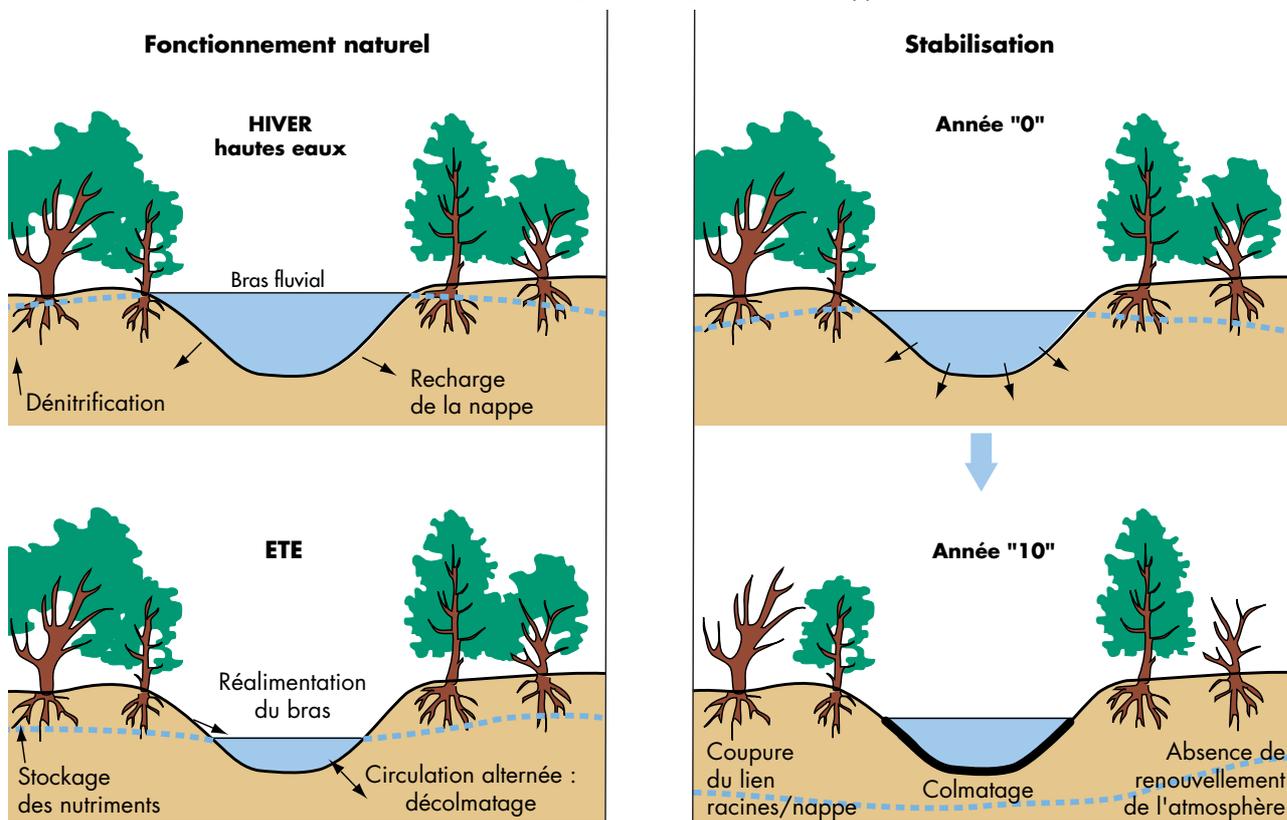
source en eau souterraine peut être altérée par l'apparition de conditions propices à la dissolution de métaux ou à la stabilisation de formes toxiques de l'azote (nitrites, ammonium).

ACTIONS

LE SUIVI DE LA SÉDIMENTATION ET DU COLMATAGE

À l'exception des vidanges de barrage dont l'effet sur le cours d'eau est important et immédiat, il est difficile de mettre en évidence le colmatage lent et insidieux d'une zone humide. Pour définir une stratégie d'action, il est capital de pouvoir faire la part entre une tendance au colmata-

Effet de colmatage sur la végétation de la nappe



D'après JL Michelot, 1995



SÉDIMENTATION, COLMATAGE

ge par des facteurs endogènes et l'incidence d'une forte crue. Pour cela, on aura recours à la bathymétrie fine, à l'emploi de pièges à sédiments et au suivi régulier à pas de temps court (quelques heures à un jour) des fluctuations comparées entre les niveaux superficiels et souterrains. Parallèlement à ces données quantitatives, quelques paramètres représentatifs de l'oxygénation du milieu et de son niveau trophique* sont indispensables à connaître.

Les communautés vivantes constituent le patrimoine écologique de la zone humide. Elles peuvent s'adapter à l'évolution des caractéristiques fonctionnelles du milieu, mais avec un décalage dans le temps plus ou moins grand suivant les espèces, d'où la disparition des plus sensibles.

LES MESURES PRÉVENTIVES ET GESTION CONCERTÉE

La définition de la stratégie d'action doit tenir compte du type de zone humide, de l'échelle de temps et d'un éventuel objectif de gestion. En effet, cherche-t-on à lutter contre un processus naturel inéluctable, ou bien veut-on plus logiquement veiller à ne pas accélérer ce processus, voire ralentir, ou à maintenir le milieu dans les meilleures conditions possibles ?

LA PRÉVENTION « AMONT » ÉVITE LES « SUR-ALLUVIONNEMENTS ».

Il est indispensable de se préoccuper des causes en amont des phénomènes de sédimentation et de colmatage plutôt que de gérer les conséquences en aval. Il faut éviter toutes actions favorisant le sur-alluvionnement, comme :

- les pistes forestières,
- l'enlèvement des haies,
- l'imperméabilisation des sols,
- le recalibrage des petits cours d'eau,
- l'exploitation de carrières sans décanteur,
- etc.

Lorsque ces types d'aménagement sont à l'origine du comblement d'une zone humide à protéger, on s'emploiera à mettre en place des zones tampons dont le rôle sera de retenir les matériaux à l'amont du site.

LES MESURES D'ACCOMPAGNEMENT DE TRAVAUX^{ST2}

Des mesures d'accompagnement lors de travaux (entretien de milieux aquatique par curage ou vidange de barrages) peuvent limiter les risques de rejet de matière en suspension dans les milieux aquatiques. Il s'agit, par exemple, de la mise en place de digons en paille.

Éviter les vidanges simultanées

Dans les régions d'étangs, la gestion concertée des vidanges par les propriétaires permet d'atténuer fortement les effets des matières en suspension et des sédiments rejetés en aval dans le cours d'eau.

L'INTÉGRATION DES MILIEUX NATURELS FLUVIAUX À LA GESTION DES COURS D'EAU

Le respect des textes réglementaires^{A30} qui régissent les autorisations ou déclarations de travaux permet aujourd'hui une prise en compte acceptable des contraintes de fonctionnement et des exigences patrimoniales des milieux naturels éventuellement concernés par les impacts de ces travaux.

ACTIONS DE RESTAURATION

Les actions de restauration envisageables consistent à intervenir pour rajeunir un milieu ou bien à créer artificiellement un milieu « neuf »^{A11, S38} du même type et à proximité de celui que l'on veut restaurer, si l'environnement y est propice. Citons ici l'intérêt de l'utilisation de la force hydraulique pour un décolmatage contrôlé. Pour être efficace, cette technique doit s'appuyer sur une réflexion courantologique poussée. Elle a par exemple été mise en œuvre de façon limitée sur le lac de Grandlieu (44) pour lutter contre le comblement de chenaux internes, ou de façon plus spectaculaire en vue de restaurer la baie du Mont Saint-Michel.

Dans le cas du dragage indispensable à la navigation des cours d'eau, des consignes de suivi de la quantité de matières en suspension sont établies. La Compagnie Nationale du Rhône doit respecter la règle suivante : si le taux de matières en suspension amont est ≤ 20 mg/l, le taux aval devra être ≤ 30 mg/l, si le taux amont est compris entre 20 et 70 mg/l, le taux aval ne devra pas excéder de plus de 20 mg/l le taux amont, enfin, si le taux amont est supérieur à 70 mg/l, le paramètre « matières en suspension » ne doit plus être utilisé pour le pilotage des dragages.

LE DÉCOLMATAGE DES BERGES^{A12} PAR CURAGE OU REPROFILAGE^{A17}

Un curage partiel ou total des limons déposés au fond des zones humides (mares, étangs, marais, annexes fluviales) permet un rétablissement des échanges avec la nappe.





LA RESTAURATION DES ANNEXES HYDRAULIQUES

La remise en eau d'annexes hydrauliques⁴¹⁰ peut être conçue pour favoriser un effet de « chasse » des sédiments. Un curage préalable localisé ou généralisé peut constituer une étape préalable à cette restauration. Si les conditions locales le permettent (disponibilité de débits suffisants pour l'alimentation) on ménagera des faibles crues artificielles. Des conditions de ce type se rencontrent dans le contexte des grands aménagements fluviaux, au droit des annexes court-circuitées lors de l'endiguement.

La remise en eau d'ancien bras dans la réserve de l'île de la Platière prend en compte la nécessité de garantir des alternances d'écoulement nappe vers fleuve et fleuve vers nappe afin d'éviter la sédimentation et le colmatage des berges (JL Michelot 1995).

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Service de la navigation de Strasbourg, Bureaux d'Études d'Ingénieurs Conseils.

BIBLIOGRAPHIE

Michelot JL, 1995. Gestion patrimoniale des milieux naturels fluviaux, ATEN.

Étude interagences n° 62, 1999. Limnologie appliquée au traitement des lacs et des plans d'eau.

Service de la Navigation de Strasbourg, BURGEAP, 1994. Expertise écologique de la faisabilité du polder* d'Erstein en rive gauche du Rhin.





MISE EN RETENUE

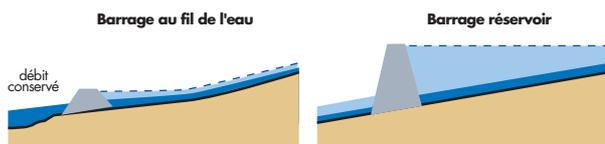
Des retenues sont créées sur les cours d'eau ou les zones humides pour différentes raisons : hydroélectricité,

té, stockage d'eau agricole, bassins écrêteurs de crues, bassins d'eau pluviale...

ORIGINE ET PROCESSUS

On distingue deux types de retenues :

- le barrage au fil de l'eau, avec de faibles variations de niveau,
- le barrage réservoir qu'il est possible de vider presque complètement.



Ces travaux ont de fortes incidences sur les zones humides; certaines sont détruites (noyées) par les travaux; d'autres sont modifiées par effet d'impact; d'autres enfin se créent au sein de la retenue.

IMPACTS

ENNOIEMENT DES ZONES HUMIDES

Les retenues noient souvent des zones humides.

Ainsi, la mise en eau du célèbre lac du Der a entraîné la disparition de nombreux étangs et marécages.

MODIFICATION DU RÉGIME HYDROLOGIQUE DES COURS D'EAU

Les retenues modifient le régime du cours d'eau en retenant le débit à certaines époques et en le relargant à d'autres.

Sur les barrages au fil de l'eau, cet impact est limité du fait des faibles capacités de stockage.

Par contre, les barrages réservoir peuvent profondément modifier la rivière à l'aval :

- la gestion du débit en éclusées (lâchers aux heures de forte demande d'électricité), provoque par exemple l'assèchement des petites annexes (mortalités des alevins piégés);
- le soutien d'étiage limite à l'aval les fluctuations de niveaux entre hautes et basses eaux, réduisant les sur-

faces de battement des eaux, intéressantes écologiquement;

- les crues petites et moyennes peuvent être très réduites à l'aval, ce qui peut être intéressant en matière de sécurité publique, mais gênant en matière d'écologie;
- les retenues collinaires sont de très petits barrages réservoirs; elles peuvent entraîner l'assèchement complet d'un ruisseau si elles sont mal conçues (piégeage complet du débit en été).

RALENTISSEMENT DU COURANT ET ARTIFICIALISATION DES FLUCTUATIONS DE NIVEAUX

Par définition, une retenue est marquée par la diminution des vitesses du courant. Il en résulte des modifications importantes sur le plan écologique ou hydraulique :

- disparition des espèces d'eaux vives au profit de celles d'eaux lentes généralement plus banales.
- stabilisation du niveau des eaux superficielles ou souterraines : progression des aulnes aux dépens des saules...
- diminution de l'oxygénation du sol et de la berge, favorisant les processus anaérobies*. Il peut en résulter une pollution des nappes par le fer et le manganèse qui perturbe l'alimentation en eau potable (vallée du Rhône : Coulet 1997).
- dans certains cas, fluctuations de niveaux aberrantes : les niveaux peuvent ainsi être plus bas durant les crues (ouverture totale des vannes) qu'à l'étiage.
- augmentation de l'évaporation, pouvant causer une perte d'eau importante en été.
- dans les barrages réservoirs, marnage* parfois supérieur à dix mètres au cours de l'année (retenue vidée pendant l'hiver pour un turbinage maximal, remplissage en été). La végétation s'installe difficilement dans ces conditions.

RELÈVEMENT DES NAPPES

Le relèvement des lignes d'eau d'un cours d'eau entraîne logiquement celui de la nappe. Il peut en résulter la transformation des milieux : mortalité d'arbres, développement de marais...

Toutefois, cet impact est souvent limité par la création de contre-canaux. Par contre, la nappe risque dans ce cas d'être stabilisée et abaissée.

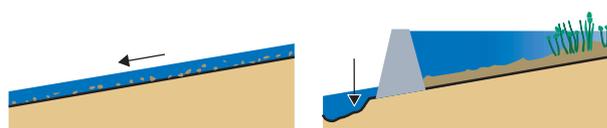




OBSTACLES AUX TRANSFERTS SÉDIMENTAIRES ET BIOLOGIQUES

Les barrages et retenues constituent des obstacles importants. Ils entravent le transit des sédiments, ce qui provoque :

- des accumulations dans la retenue, avec parfois création de marais (sur le Rhône : Etournel, confluent de la Drôme...).
- un déficit sédimentaire à l'aval, ce qui peut entraîner des érosions du fond du lit (incision^{M3}). Le recul du littoral dans le monde semble largement causé par la multiplication des retenues.

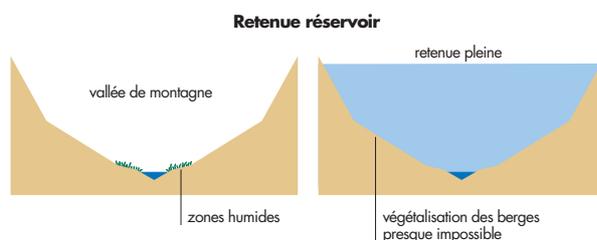
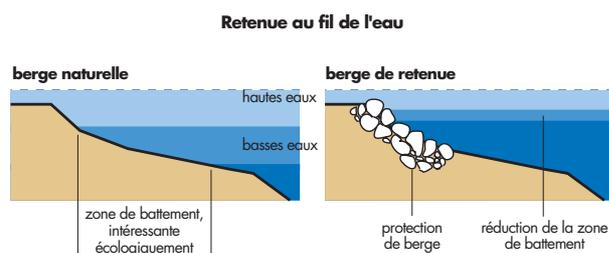


La sédimentation dans une retenue peut constituer une menace pour l'ouvrage, rendant nécessaire la réalisation de vidanges ou de chasses. Ces opérations peuvent entraîner à l'aval des taux excessifs de matières en suspension, pouvant provoquer des mortalités piscicoles et le colmatage des berges.

Sur le plan biologique, les barrages constituent des obstacles aux déplacements des animaux. La situation la plus spectaculaire est celle des grands poissons migrateurs (disparition totale des aloses et lamproies sur le Rhône à l'amont des barrages, avant la restauration partielle récente), mais un grand nombre d'autres espèces sont concernées (déplacements locaux des poissons, castors, loutres...).

MODIFICATION DES BERGES

La mise en retenue s'accompagne généralement d'une simplification écologique de la berge.



Par ailleurs, les retenues sont sensibles au **batillage**, action des vagues créées par le vent ou la circulation des bateaux. Le batillage peut interdire l'implantation de la végétation riveraine sur une berge.

ACTIONS

Ces impacts peuvent être réduits par des actions à différents niveaux :

- étude des ouvrages en projet :
 - analyse fine des objectifs et des impacts, étude de solutions alternatives...
 - choix de l'emplacement de l'aménageant respectant les milieux naturels et les flux liquides et solides.
 - élaboration de mesures de réduction des impacts : choix de niveaux d'eau compatibles avec le maintien des zones humides...
- amélioration de la gestion des ouvrages existants ;
 - relèvement des débits réservés⁴⁵,
 - consignes de gestion des vannes facilitant le transit des sédiments,
 - création de passes à poissons.
- aide à la végétalisation des berges des retenues⁴¹⁹.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Fraisse T., 1999. Protection et végétalisation des zones de marnage* des plans d'eau. Guide méthodologique. Les études des agences de l'eau n° 66, 96p.

CIGB (Comité International des Grands Barrages), 1982. Les barrages et l'environnement. Bulletin CIGB 35, 79 p.

IIGGE, 1988. Plans d'eau, de l'autre côté du miroir. Agence de bassin Rhône-Méditerranée-Corse. 127 p.

ÉTUDES DE CAS

K11 : Lac du Der





REMBLAIEMENT, ENDIGUEMENT



Remblaiement et endiguement sont deux actions qui causent la destruction des zones humides. Le remblaiement par un apport de matériaux relève le niveau du sol

pour supprimer ou réduire l'inondation de terres. L'endiguement consiste à contenir le cours d'eau dans un espace réduit par des remparts artificiels (digues).

ORIGINE ET PROCESSUS

LE REMBLAIEMENT

Le remblaiement est réalisé pour favoriser :

- la réalisation de projets d'urbanisation ou d'infrastructures linéaires,
- l'intensification agricole par drainage, puis mise en culture, processus majeur de destruction des zones humides de ces 10 dernières années.

L'ENDIGUEMENT

L'endiguement est un moyen de lutte contre les inondations et souvent un aménagement nécessaire à la production hydroélectrique.

Il peut être unilatéral et de hauteur importante s'il s'agit de protéger des zones urbanisées, des terres cultivées, des infrastructures linéaires dans les plaines alluviales. Sa hauteur peut être réduite pour la protection de champs captants des vallées alluviales contre des inondations trop fréquentes (annuelles ou bisannuelles). L'objectif est alors d'éviter une pollution des pompages par des matières en suspension et des germes pathogènes.

Il est bilatéral pour amener l'eau vers un ouvrage de production (« canal d'amenée ») ou lorsque la vallée est anciennement endiguée de part et d'autre.

IMPACTS

IMPACTS DU REMBLAIEMENT SUR LE MILIEU

- Une destruction de la zone humide au droit du remblaiement :
Les aménagements touristiques essentiellement sur les zones humides côtières provoquent une destruction des milieux naturels et une fragmentation remettant en cause le fonctionnement écologique de la zone côtière.
- Des modifications hydrauliques et une réduction de la zone d'expansion des crues¹⁰ :
Des écoulements préférentiels apparaissent en bordure des zones remblayées. La vitesse de l'eau est accentuée et peut devenir une menace pour la stabilité d'ouvrages

d'art ou pour l'intégrité d'autres milieux naturels. Plus à l'aval, une incision du lit mineur peut apparaître¹⁰.

Le remblaiement supprime latéralement des zones d'expansion des crues. La ligne d'eau est relevée à l'aval, et le risque d'inondation s'en trouve aggravé.

UN « MITAGE » ET UN « CLOISONNEMENT » DES ZONES HUMIDES

Le développement de l'urbanisation et des infrastructures linéaires entraîne un mitage et un cloisonnement de l'espace préjudiciable au bon fonctionnement des zones humides (ex. : flux hydriques interrompus dans un marais coupé en deux par le passage d'une route).

UNE AUGMENTATION DES RISQUES DE POLLUTION

Les routes, voies de chemin de fer créées au dépend des zones humides peuvent engendrer des pollutions accidentelles ou diffuses (lessivage des chaussées et voies ferrées entraînant le sel et/ou des métaux lourds, emploi d'herbicides sur les accotements¹¹).

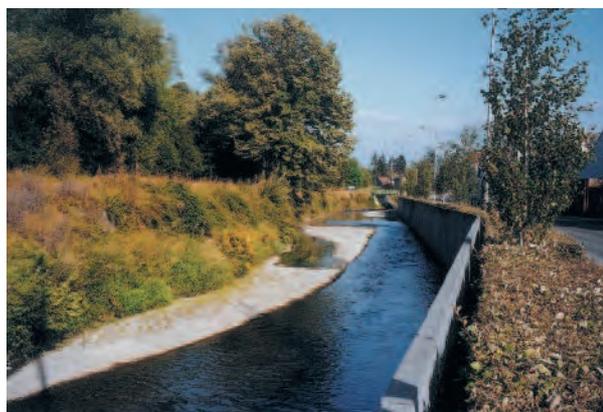


Photo A.E.R.V.C.

IMPACTS DU REMBLAIEMENT SUR LES USAGES

Le remblaiement des zones humides pour la mise en culture touche principalement les zones humides alluviales ainsi que celles des plaines intérieures et des grands ensembles littoraux. Ce sont alors les conséquences de l'intensification





agricole qui pèsent sur la qualité des eaux souterraines et superficielles (pollutions agricoles diffuses^{m1}) et les usages de l'eau qui peuvent être menacés (alimentation en eau potable, alimentation en eau industrielle, agriculture, loisirs, production...). La structure du paysage se trouve également modifiée.

IMPACTS DE L'ENDIGUEMENT SUR LE MILIEU

- Des modifications hydrauliques :

Les digues unilatérales limitent l'espace de liberté du cours d'eau, les digues bilatérales les suppriment ou le limitent fortement dans le cas d'une largeur suffisante entre les digues (exemple sur la Loire en aval du Bec d'Allier). L'atténuation des crues^{s1} est réduite, ainsi que l'alimentation des nappes^{s3}.

Les connexions avec le fleuve sont réduites. Les vitesses de l'écoulement en crue dans le lit mineur sont augmentées ; il se produit une incision du lit par érosion. Cette érosion à une double origine :

- la restriction de l'espace de liberté et la mise en vitesse plus systématique lors des crues qui s'élèvent entre les digues au lieu de s'épandre dans le lit majeur,
- la stabilisation des berges qui contribuent moins à la charge du débit solide du cours d'eau^{FA, M3}.

Le lit mineur s'enfonçant, le niveau de base de la nappe d'accompagnement s'enfonce également. Il peut en résulter un assèchement des zones humides riveraines.

- Des conséquences « à retardement » :

Les conséquences de l'endiguement sur les zones humides subsistantes apparaîtront plus ou moins longtemps après ces opérations. Une végétation de nature plus terrestre remplacera progressivement la végétation hydromorphe caractéristique des zones humides initiales.

IMPACTS DE L'ENDIGUEMENT SUR LES USAGES

Si l'endiguement s'accompagne d'une incision du lit, la baisse des nappes peut avoir des conséquences sur l'alimentation en eau potable. Les secteurs soustraits à la divagation du cours d'eau voient leur patrimoine écologique modifié.

Si le risque d'inondation est diminué par les ouvrages au droit de leur localisation, ce même risque est évidemment aggravé à l'aval car l'atténuation des crues est diminuée. Ceci doit être nuancé car il peut arriver que les digues de protection soient submergées, voire partiellement détruites, par des crues exceptionnelles. Elles se transforment alors brutalement de bouclier de protection en amplificateur de dommages souvent catastrophiques.

ACTIONS

SUIVI DU REMBLAIEMENT

Les instruments de suivi directs ou indirects de la pression que le remblaiement exerce sur les zones humides et de ses tendances d'évolution sont :

- l'analyse de l'occupation des sols et de l'espace,
- l'étude de plans ou photographies aériennes de différentes époques (analyse diachronique),
- l'étude de l'augmentation de certaines subventions accordées aux agriculteurs,
- l'observation de la modification des POS,
- le nombre de permis de construire accordés,
- etc.

SUIVI DE L'ENDIGUEMENT

Le suivi piézométrique de la nappe^{s4}, l'établissement de cartes de laisses de crues^{s3} et le pourcentage des zones inondées sont des instruments nécessaires pour évaluer les impacts physiques des endiguements. Les impacts écologiques ne sont perceptibles qu'à plus long terme. Ils sont évalués par les inventaires faunistiques et floristiques^{s9} et l'actualisation de leur report cartographique.

DES OUTILS JURIDIQUES ET/OU ADMINISTRATIFS DE PROTECTION^{A30}

Pour limiter les possibilités de remblaiement des zones humides quelle qu'en soit la motivation, des outils juridiques de protection des zones humides existent :

- directives européennes pour la protection de l'habitat, de la faune et de la flore,
- loi sur l'Eau (autorisation de travaux, études d'incidence, enquêtes publiques),

Le plan de prévention des risques (PPR) délimite à l'échelle communale ou inter-communale, des zones exposées aux risques naturels prévisibles (tremblements de terres, inondations, avalanches). Il détermine les dispositions à prendre pour éviter de faire obstacle à l'écoulement des eaux et à restreindre d'une manière nuisible les champs d'inondations. Les zones humides situées à proximité des champs captants peuvent bénéficier d'un outil juridique important : les périmètres de protection. Ils définissent l'espace réservé réglementairement autour des captages pour l'alimentation en eau potable. L'avis de l'hydrogéologue agréé qui instruit le dossier est soumis aux différents services de l'État. A l'intérieur des périmètres immédiats et rapproché les activités artisanales, agricoles et industrielles, les constructions sont interdites ou réglementées afin de préserver en quantité et qualité la ressource en eau.





REMBLAIEMENT, ENDIGUEMENT

- réglementation des Plans d'Occupation des Sols (POS),
- loi Littoral,
- mise en Réserve,
- périmètre de protection pour les zones humides avoisnantes des champs captants,
- plan de prévention des risques (PPR-inondation).

LA GESTION CONCERTÉE^{STZ}

La gestion des grands cours d'eau est définie dans le cadre d'une concertation entre les gestionnaires (EDF, Services de la Navigation, Compagnie Nationale du Rhône...) et les différents usagers. Le débit réservé d'un tronçon de cours d'eau court-circuité est en particulier déterminé en tenant compte de l'avis des gestionnaires des milieux naturels concernés.

LA RESTAURATION

La restauration d'une rivière endiguée est très difficile. Une expérience allemande a consisté en un élargissement de la rivière facilitant ainsi l'écoulement des eaux et la divagation du chenal (JL Michelot, 1995).

Projets de logique comparable où l'objectif écologique est prioritaire : Renaturation de l'Île de La Platière, soutien des înes de Miribel-Jonage.

Afin de rétablir le niveau de protection contre les crues tel qu'il existait avant la canalisation du Rhin supérieur, la France et l'Allemagne ont convenu de la restauration des inondations de surfaces limitées de l'ancien lit majeur « polders ». Le projet de polder d'Erstein (67) portant sur un secteur de forêt de bois dur constitue l'aboutissement des concertations. L'aménagement de prises d'eau sur le Rhin permettra de « réinonder » de façon périodique la forêt actuellement totalement insubmersible. Les réflexions ont montré l'intérêt de concilier l'objectif de protection des crues et celui de restauration des milieux naturels rhénans.*

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Michelot J.-L., 1995. Gestion patrimoniale des milieux naturels fluviaux, ATEN.





EXTRACTION DE MATÉRIAUX



Différentes activités entraînent des extractions de matériaux en zones humides : extractions de graviers,

exploitation de la tourbe, création de canaux...

IMPACTS

Les impacts des extractions sur la ressource en eau et les fonctions des zones humides sont potentiellement très forts.

DES EMPRISES

L'extraction se traduit d'abord par une emprise. L'impact écologique peut être réduit lorsque les travaux touchent une zone artificialisée (labours...); il est considérable en cas de destruction d'une tourbière ou d'une forêt alluviale⁶⁸.

UNE DÉGRADATION QUANTITATIVE DE LA RESSOURCE EN EAU

Les extractions peuvent porter une atteinte quantitative à la ressource de plusieurs façons :

- La nappe phréatique est abaissée à l'amont de l'extraction, d'autant plus que la pente de la nappe est forte. Cet impact peut être accentué en cas d'écoulement direct des eaux de la gravière vers la rivière voisine. La réalisation de vastes plans d'eau entraîne également une diminution quantitative de la ressource en eau par une évaporation forte. Il en résulte une diminution du volume de l'eau phréatique, intéressante pour l'alimentation en eau potable, un abaissement des nappes causant dégradation de la végétation voire assèchement d'annexes hydrauliques.

- Certaines gravières sont colmatées par sédimentation de limons et d'argiles, ou par remblaiement. Il en résulte une entrave à l'écoulement naturel de la nappe.

Enfin, un plan d'eau ne joue presque aucun rôle de « tampon hydraulique ». Une extraction de tourbière par exemple, peut provoquer une diminution du soutien d'étiage assuré par cette « éponge » naturelle.

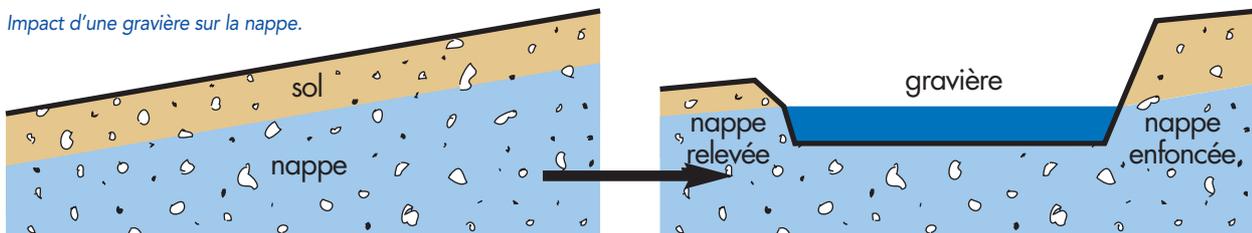
UNE PERTURBATION DES CRUES⁶¹

La création de gravières dans une plaine inondable constitue apparemment un gain en matière de stockage des eaux de crues. En fait, les plans d'eau possèdent une rugosité hydraulique particulièrement faible; les crues circulent donc beaucoup plus vite que sur une forêt ou une friche, d'où un moindre écrêtement.

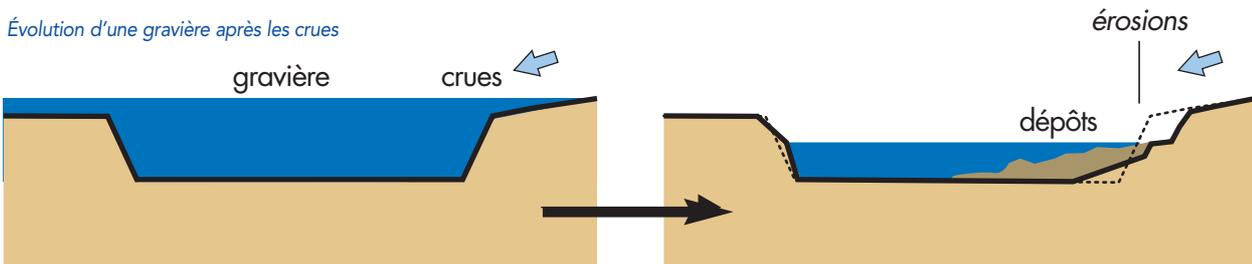
Les plans d'eau alimentés directement lors des crues sont souvent le point de départ d'une érosion régressive qui peut porter atteinte à la régulation des crues (« chenalisation » : les crues se concentrent dans le chenal creusé par l'érosion) et aux activités humaines (destruction de biens lors de l'érosion).

Les extractions s'accompagnent souvent de remblaiement (dépôts de stériles...) qui peuvent constituer des obstacles à l'écoulement des crues.

Impact d'une gravière sur la nappe.



Évolution d'une gravière après les crues

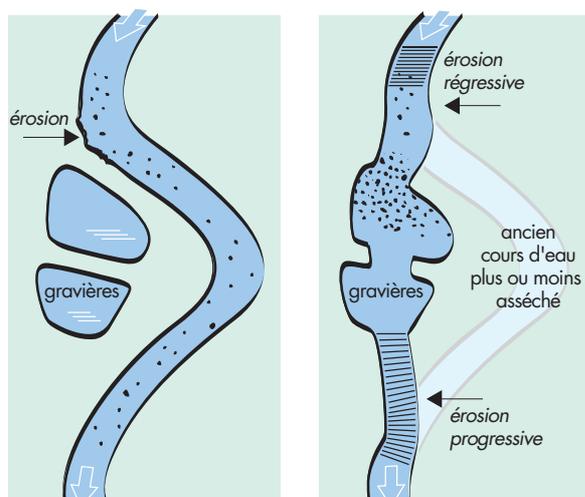


ATTENTION AUX EXTRACTIONS PRÈS DES RIVIÈRES

Une extraction en lit mineur d'un cours d'eau provoque un déficit sédimentaire qui cause souvent un enfoncement de la rivière, puis des nappes. Si les extractions proprement dites sont interdites par la loi, certains travaux d'aménagement hydraulique peuvent entraîner des prélèvements, avec les mêmes conséquences.

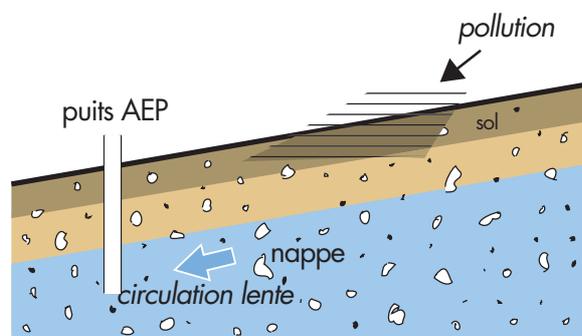
Les gravières situées près de cours d'eau à lit mobile posent de graves problèmes. Elles sont souvent protégées de l'érosion par enrochement des berges, ce qui limite les possibilités de divagation du lit et de recharge en débit solide. En l'absence de protection de berge, la gravière risque d'être « capturée » par la rivière, ce qui entraîne l'incision de celle-ci et la chenalisation des crues.

Impacts d'une capture de gravière par une rivière

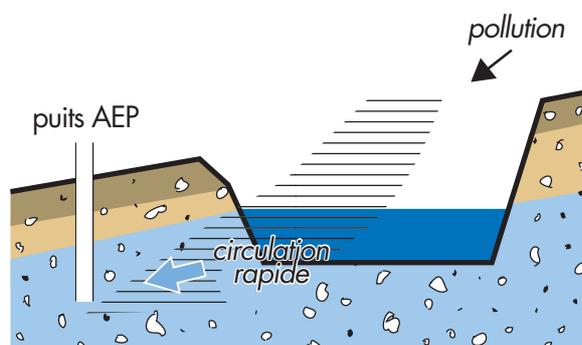


UN RISQUE POUR LA QUALITÉ DE LA RESSOURCE

- La période d'extraction induit un risque de pollution accidentelle (hydrocarbures provenant des engins de chantiers) ou chronique (rejet des boues de lavage dans le milieu naturel).
- Le plan d'eau constitue une mise à nu de la nappe qui devient ainsi plus exposée aux pollutions (absence de terrain superficiel).
- Le piégeage des nutriments* dans l'écosystème n'est plus assuré de façon aussi durable que dans une forêt (biomasse* des arbres); les nutriments stockés dans les sédiments peuvent être remobilisés par une crue.



Piégeage de la pollution dans le sol



Absence de piégeage dans le sol, transfert rapide vers les puits

Gravière et pollution accidentelle de la nappe

- L'évolution spontanée des plans d'eau conduit à leur eutrophisation* (accumulation des sédiments et nutriments*, développement excessif des végétaux aquatiques...), pouvant remettre en cause leurs fonctions et leurs usages.

DES ZONES HUMIDES CRÉÉES PAR LES EXTRACTIONS

Dans la plupart des cas, les sites d'extraction deviennent après travaux des espaces dégradés écologiquement : réaménagements agricoles ou industriels, friches...

Dans certains cas, les extractions entraînent la création de zones humides d'intérêt écologique : plans d'eau peu profonds colonisés par une végétation aquatique et riveraine variée.

Sur le plan patrimonial, la richesse des carrières en eau provient largement des stades écologiques jeunes (sédiments nus, mares...) qui sont de plus en plus rares dans le milieu naturel.

Contrairement à une rivière dynamique, la carrière ne connaît aucune régénération naturelle des écosystèmes et



EXTRACTION DE MATÉRIAUX

son évolution conduit presque systématiquement à une banalisation par boisement des berges, sauf en cas d'entretien, parfois coûteux.

En outre, certains plans d'eau d'extraction peuvent présenter un intérêt pour les usages de l'eau : eau potable (pompages dans les plans d'eau), loisirs nautiques, pêche etc.

Ces usages peuvent être intéressants, mais leur maintien à long terme dépend de l'évolution du milieu qu'il est souvent difficile de prévoir : risque d'eutrophisation*, colmatage...

ACTIONS

Les extractions entraînent toujours des impacts négatifs, et il convient avant toutes choses de limiter leur développement.

Les prélèvements de tourbe dans le milieu naturel devraient être proscrits.

L'utilisation des matériaux alluvionnaires devrait être réservée aux usages nobles (béton...), les autres usages des granulats (remblais routiers ou industriels...) pouvant être assurés par d'autres matériaux moins coûteux sur le plan écologique (roche massive, recyclage : béton concassé...). Il en va de même pour la tourbe, matériau rare qui devrait être réservé à des usages spécialisés; pour des usages classiques, du terreau sans tourbe peut être utilisé.

Les schémas départementaux des carrières, en cours de mise en place dans toute la France, visent à organiser cette activité industrielle.

BIEN CHOISIR LES SITES D'EXTRACTION

Différentes précautions peuvent réduire les impacts négatifs des extractions :

- interdire les extractions (et prélèvements liés à des travaux d'entretien) en lit mineur ou dans l'espace de liberté de la rivière : permettre la recharge du débit solide de la rivière^{A1},
- implantation des extractions dans des sites non sensibles pour l'alimentation en eau potable ou l'écologie,

BIEN CONCEVOIR L'EXTRACTION

Les modalités d'extraction peuvent être envisagées de façon à limiter les impacts :

- limitation des perturbations en crue : absence de remblais insubmersibles, prévision et prévention des érosions régressives potentielles (pentes douces, extraction par casiers, végétalisation, voire protection des berges...),
- création de petits plans d'eau, étendus dans le sens de la nappe et non perpendiculairement à celle-ci, de façon à

limiter l'enfoncement à l'amont,

- limitation des pollutions : respect de règles rigoureuses de conduite du chantier après extractions, interdiction de l'accès voiture près du plan d'eau, gestion rigoureuse des eaux de lavage des granulats...
- réalisation de plans d'eau assez peu profonds, car des emprunts de plus de 6-8 mètres posent des problèmes : temps de renouvellement trop faible des eaux (risque de développement du phytoplancton), risque de stratification thermique (déficit d'oxygène en profondeur), mise à nu importante de la nappe...
- réhabilitation du milieu au fur et à mesure de l'avancement de l'extraction : pentes faibles, îlots, mares^{A16, A17},
- végétalisation adaptée des berges^{A27, A28}.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Andrews J., Kinsman D., 1990. Gravel pit restoration for wildlife. A practical manual. Tarmac, RSPB, 184 p.

Aquascop, 2000. Impacts des extractions de granulats. Les guides des Agences de l'eau.

ÉTUDES DE CAS

K12 : La Bassée





ABANDON DES ACTIVITÉS TRADITIONNELLES ET INTENSIFICATION



Les changements de la végétation, son artificialisation relèvent de plusieurs origines dont le contrôle par l'homme de la production végétale, la limitation des risques naturels, ou son choix de favoriser les activités

de loisir, les parcs aménagés de nature... A l'inverse, la déprise agricole a entraîné l'abandon d'un grand nombre d'activités traditionnelles qui maintenaient des habitats tout à fait intéressants pour la faune ou la flore.

ORIGINE ET PROCESSUS

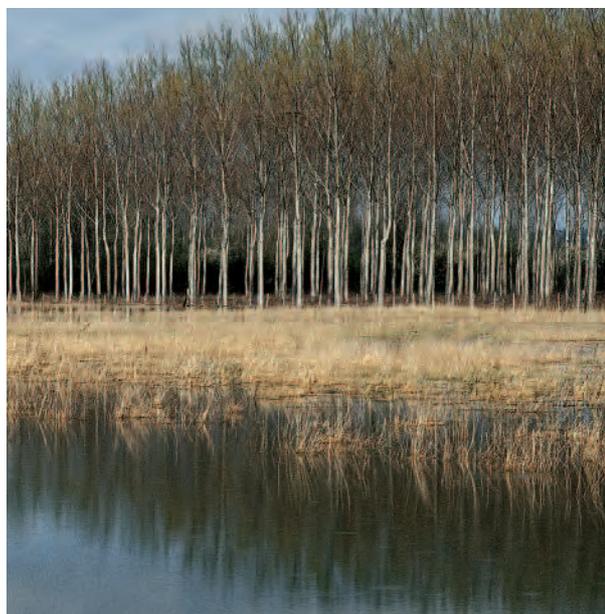
ENTRE DES PRODUCTIONS INTENSIVES AGRICOLES...

L'artificialisation de la végétation des zones humides est la conséquence de l'intervention de l'homme sur les milieux naturels depuis des milliers d'années, notamment au travers des activités agro- et sylvopastorales.

Bien que les zones humides nécessitent de coûteuses techniques de drainage et d'assainissement, ces difficultés n'ont cependant pas empêché les boisements et les monocultures intensives. Des milliers d'hectares de zones humides ont disparu pour le développement de l'agriculture intensive et de la sylviculture.

Les fleuves français ont vu disparaître la plus grande partie de leurs forêts alluviales, la forêt actuelle résultant d'une reconquête sylvicole. Leur sol, relativement riche et bien irrigué, leur grande surface plate ont favorisé leur remplacement ainsi que celui des grands marais de plaine. Sur le littoral, l'augmentation des terres cultivées est liée à la conquête sur les vasières, les prés salés et la mer.

La plantation de peupleraies (avec des productions de 15 tonnes/ha) s'est réalisée très largement dans de nombreuses vallées alluviales et leur périphérie. La sylviculture des résineux caractérise des sols plus acides ou plus pauvres, liés aux landes tourbeuses (Gascogne...) et à certaines tourbières drainées de montagne. Dans le sud de la France (Camargue), la riziculture prend plus ponctuellement un essor extraordinaire tandis que le maïs (avec une production de 6-7 tonnes de matière sèche/ha) a une semblable dynamique plus au nord. Le maïs est une des cultures les plus polluantes qui soit avec une demande en eau très élevée et l'utilisation d'une grande quantité de pesticides et d'engrais. La production agricole des terres reconquises sur la mer comprend essentiellement des céréales (froment, avoine, orge, maïs). On peut citer aussi, parmi les autres cultures importantes, les betteraves fourragères et sucrière, le colza, la pomme de terre, la carotte.



La populiculture est très développée dans le bassin Parisien et dans les vallées basses ou moyennes des grands fleuves et de leurs affluents

ET L'ABANDON DES ACTIVITÉS TRADITIONNELLES

La végétation n'est pas figée. Elle subit une évolution constante pour tendre vers un état aussi stable que possible. Avant d'arriver à cet état d'équilibre, la communauté végétale évolue progressivement et passe généralement par trois stades : herbacé, arbustif et arborescent. Dans une telle dynamique, le milieu tend de plus en plus à se fermer. Cette fermeture du milieu, appelée encore enfrichement ou embroussaillage est à l'origine d'un appauvrissement de la flore et de la faune des milieux ouverts. On parle de banalisation du milieu.

Les friches constituent le symptôme le plus évident de la déprise agricole mais cette accélération des processus naturels est liée également à d'autres causes. Il s'agit :

- des endiguements qui limitent l'espace de liberté des cours d'eau compromettant le rajeunissement des zones humides riveraines,



- de certains aménagements (hydro-électriques...) ou leurs conséquences (drainage...) qui entraînent la diminution de la nappe et accélèrent encore cette dynamique naturelle.

Certaines communautés végétales dépendent d'un entretien par l'homme. Les prairies humides sont entretenues depuis des décennies par les activités agropastorales traditionnelles. Ces habitats sont devenues prioritaires à l'échelle internationale²⁴⁵. Ce type d'habitat n'a pas subi tous les intrants liés au semis de nouvelles espèces, aux apports d'engrais et d'herbicides...

Les marais peuvent être aussi des auxiliaires de la viticulture, source inépuisable d'engrais vert (marais de Lavours, Ain) ou bien être utilisés pour la culture du cresson (marais de Sacy, Oise). En allant vers le sud de la France, le roseau est exploité pour la confection des toits de chaume (sagne). La production française du roseau en 1987 était estimée à 9000 tonnes dont 65 % à 85 % provenait de la région méditerranéenne (étang de Scamandre et autres étangs du Languedoc-Roussillon).

Les milieux ouverts (tourbières, marais et prairies), menacés d'enrichissement, sont devenus très rares à l'échelle nationale et internationale.

IMPACTS

Lorsque la zone humide n'est pas détruite ou réduite pour être remplacée par une monoculture (peupleraie, maïs) ou un aménagement (golf...), elle subit les atteintes considérables (hydraulique, hydrologique, physico-chimique...) d'une telle anthropisation du milieu :

- un impact négatif sur le patrimoine naturel²⁴⁶,
- un changement de la qualité de l'eau²⁴⁷ : les pratiques culturales, les traitements pesticides et phytosanitaires ainsi que l'irrigation ont permis d'accroître les rendements agricoles mais les atteintes à l'eau ont augmenté en parallèle,
- une augmentation de la demande en eau²⁴⁸ : les superficies irriguées ayant augmenté et les prélèvements s'effectuant en période d'étiage, l'équilibre écologique des milieux aquatiques est perturbé,
- une augmentation des risques d'inondation par la réduction des surfaces d'expansion des crues et les changements de végétation.

Les conséquences de la monoculture sur la faune sont bien connues : seules quelques espèces sont capables de s'adapter à cette situation particulière, le manque de diversité spécifique est compensé par un accroissement du nombre d'individus. Les vastes exploitations de maïs dans les landes de Gascogne sont ainsi occupées en hiver par des espèces proliférantes : étourneaux, pinsons du nord, palombes.

La fermeture du milieu entraîne également une baisse de la biodiversité* des milieux ouverts et de leurs attraits paysagers. La diversité floristique des marais et des prairies humides est très souvent tributaire de leur exploitation agricole traditionnelle passée. L'augmentation de la biomasse* végétale envahissante est très consommatrice d'eau et contribue à accélérer encore le processus de fermeture des milieux.

Les espèces végétales, à caractère invasif, qu'elles soient indigènes ou exotiques, présentent la plupart du temps un caractère colonisateur très élevé, une croissance rapide et un fort taux de germination, une fécondité élevée et des graines à grand pouvoir de dispersion et/ou une forte capacité à se multiplier de façon végétative. Elles éliminent les autres espèces végétales soit en empêchant leur éclaircissement soit en émettant des substances toxiques.



Photo A. Morand

Dans les marais tourbeux de plaine, lorsque le niveau de la nappe diminue, certaines espèces herbacées très agressives (phragmite, cladium) peuvent coloniser en deux ou trois années des prairies anciennement humides, riches et diversifiées. Ces stades à grands héliophytes sont très souvent préalables à la colonisation des ligneux (saules et bourdaines), puis à celle de l'aulne.



ABANDON DES ACTIVITÉS TRADITIONNELLES ET INTENSIFICATION



ACTIONS

VERS DE NOUVELLES PRATIQUES DE GESTION DE LA VÉGÉTATION ET UNE REDÉFINITION DE L'AGRICULTURE ?

On ne peut qu'espérer une meilleure gestion de l'activité agricole reposant sur davantage d'interactions entre agriculture et environnement. Face à cette situation, l'agriculture doit assumer au meilleur coût sa fonction de production et le respect des ressources naturelles (eau et patrimoine naturel). Elle doit notamment réduire les pollutions (azote et phosphate), et s'insérer dans un objectif de développement durable. Des objectifs de préservation de l'environnement et de gestion de l'espace contribuent à cette amélioration mais restent encore insuffisants. Les préoccupations environnementales contribuent à l'émergence d'une demande en faveur d'une agriculture moins intensive. Dans ce contexte, le recours aux activités traditionnelles (fauche, pâturage extensif...) dans l'exploitation et le maintien des zones humides sont des moyens loin d'être anecdotique.

Milieu ouvert ou milieu fermé ?

Le gestionnaire doit-il favoriser les milieux ouverts (marais, prairies humides) ou les milieux fermés (cladiaie, phragmitaie, lande, forêt...)? Les roseaux^{A24} constituent les premières ceintures d'atterrissement* des eaux profondes et les premiers signes de fermeture du milieu. Selon les circonstances, les roseaux constituent des plantes envahissantes qu'il faut éliminer, ou au contraire un habitat à conserver, voire favoriser pour nombre d'espèces animales. Par exemple, la roselière ou phragmitaie constitue un habitat pour plusieurs espèces d'oiseaux paludicoles nicheurs. Elle permet aussi la reproduction de plusieurs espèces d'oiseaux d'eau (canards, héron, râle). Peu étudiés, certains types de roselières abritent une entomofaune très riche. Les roselières présentent aussi un rôle épurateur des eaux très élevé.

Lorsque l'eau est peu profonde, ces phragmitaies sèches sont très envahissantes et très productives de biomasse* végétale. Dans cette situation, cette formation végétale peut s'avérer être pauvre en espèces animales et végétales; elle est à l'origine d'une banalisation faunistique et floristique du milieu comparé à d'autres groupements végétaux.

En définitive, selon le type de roselière et les objectifs, le gestionnaire peut chercher à réduire la biomasse et la densité de cette espèce très envahissante ou au contraire la protéger.

MÉTHODES PRÉVENTIVES

Il s'agit :

- de limiter tous les types de perturbations favorisant une baisse de niveau de la nappe en s'assurant régulièrement de l'impact des aménagements hydrauliques (drains, barrages...)^{A19},
- de maintenir ou rétablir la dynamique fluviale^{A11, A14},
- de maintenir ou rétablir les activités traditionnelles^{A22, A23, A31}.

MÉTHODES CURATIVES

Selon le degré d'artificialisation (monoculture, prairie permanente plurispécifique...) et la surface atteinte, le degré de réversibilité varie. Si l'équilibre de l'eau n'est pas trop modifié, il peut y avoir réversibilité rapide entre l'état originel et naturel si l'homme cesse d'entretenir régulièrement. Le milieu tend à retrouver sa dynamique et à évoluer vers sa forme originelle. L'artificialisation peut s'avérer presque irréversible dans le cas où le sol et les équilibres hydrologiques (dynamique fluviale, niveau de la nappe...) sont très modifiés, sauf à envisager une restauration volontaire, pas toujours possible ou très coûteuse.

Une action peut entraîner aussi des conséquences négatives. Dans certains cas, le débroussaillage peut favoriser la prolifération d'espèces exotiques^{A6}. La fermeture du milieu est dans ce cas un moyen de lutte contre leurs invasions. Ainsi, la colonisation d'un site par les ronces peut permettre d'éliminer efficacement la renouée du Japon.

Pour freiner l'évolution des successions végétales dans les zones humides, il est possible de recourir à différents modes de gestion selon le type de milieu (faucardage, broyage, fauche et pastoralisme, brûlage...)^{A17}. Ainsi le pâturage extensif^{A22} avec des animaux rustiques constitue un moyen original de valorisation écologique des zones humides, notamment pour favoriser la restauration des milieux prairiaux et le retour des espèces qui leur sont associées. Différents programmes prennent en compte, de manière prioritaire ce type de milieu en cherchant, par la voie de contractualisation^{A31}, avec des agriculteurs ou des éleveurs, à maintenir une certaine économie agropastorale traditionnelle compatible avec le maintien de cette biodiversité*.

Cependant ces différentes actions sont vouées à l'échec si les autres facteurs influençant la ressource en eau ne sont pas pris en compte, notamment le niveau de la nappe.





En définitive, seul un suivi permettra de réajuster les actions en comparant les résultats aux objectifs initiaux.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Albouy I., 1996. L'agriculture de la France. Les Essentiels. Milan.

Dupieux N., 1998. La gestion conservatoire des tourbières de France. Premiers éléments scientifiques et techniques. Espaces Naturels de France, programme « Life » Tourbière de France, 244 p.

IFEN, 1999. L'environnement en France. Éditions la Découverte. 467 p.

Manneville O., Vergne V., Villepoux O. & le Groupe d'Étude des Tourbières 1999. Le monde des tourbières et des marais. Guide Delachaux et Niestlé SA, Paris, 1999.





PROLIFÉRATION D'ESPÈCES EXOTIQUES



Une espèce exotique est une espèce non présente initialement dans les écosystèmes européens. C'est une espèce proliférante c'est à dire dont les effectifs se

développent fortement et/ou l'aire de répartition s'étend.

ORIGINE ET PROCESSUS

Depuis l'antiquité, le voyageur a été un facteur de propagation d'espèces exotiques. Beaucoup sont intégrées aujourd'hui dans nos paysages et cultures. D'autres sont à l'origine de nuisances...

LES MILIEUX À RISQUE...

La construction d'ouvrages nécessaires à l'aménagement hydroélectrique des vallées, l'irrigation, l'amélioration des zones d'habitation (construction d'un canal principal, de contre canaux, de digues, d'une retenue, d'une usine, délimitation de zones pour le dépôt des matériaux, isolement de certains tronçons...) modifient profondément les conditions hydrologiques et l'évolution de la végétation.

Les caractères de la végétation dépendent de la colonisation spontanée par les végétaux, des conditions du milieu physique (profondeur de la nappe, fertilité-granulométrie

du sol), de la gestion. Ces constructions peuvent entraîner la disparition de groupements aquatiques et semi-aquatiques ou l'extension de certaines espèces. Les milieux les plus sensibles à la prolifération des espèces exotiques sont les milieux rajeunis et perturbés par l'homme (modification hydrologique, détérioration du système fluvial...):

- les terrains mis à nu comme les remblais, les décharges, les enrochements du lit mineur^{ZH},
- les sites faisant l'objet d'une pollution thermique favorable à la propagation de poissons exotiques.

La croissance du tourisme et des activités de loisirs au cours de cette dernière décennie a considérablement changé le paysage et la végétation. Les espaces de nature nouvellement créés ou les sites anciennement surfréquentés peuvent être soumis soit à une (re) colonisation de la végétation originelle mais également et très souvent à l'implantation d'espèces exotiques sur les conseils de paysagistes.

LES ESPÈCES À RISQUE

Les espèces invasives végétales, qu'elles soient indigènes ou exotiques, présentent des caractéristiques biologiques particulières : pouvoir colonisateur très élevé, croissance rapide, fort taux de germination, fécondité élevée, graines à grand pouvoir de dispersion (hydrochorie) et/ou forte capacité à se multiplier de façon végétative, émission de substances toxiques (non comestibles pour le bétail : cas des jussies).

Les risques de prolifération sont d'autant plus importants que les espèces exotiques sont très éloignées des espèces indigènes au niveau de leur systématique. Les prédateurs et les proies autochtones ne sont pas adaptés à ces nouvelles espèces. Pour les espèces animales, on constate aussi que les espèces exotiques sont plus agressives, plus grandes (exemple cistude et tortue de floride). Elles ont aussi une reproduction plus précoce et plus importante (exemple écrevisse européenne et écrevisse américaine). Le ragondin, introduit d'Amérique du Sud, est devenu aussi très répandu dans les zones humides.



Jussie.





On considère que sur 100 espèces qui essaient de s'installer, 10 y parviennent, et une devient envahissante. Les zones humides peuvent être très sensibles à de telles invasions. En France, parmi les espèces exotiques végétales les plus envahissantes, on trouve les jussies, l'élodée du Canada, le myriophylle brésilien, le chiendent des eaux, le faux indigo, le buddleia, l'Impatiens géante, l'érable negundo, le robinier, la renouée du Japon, les lampourdes, l'ambrosie, les solidages, les onagres. Si les végétaux sont très souvent transportés naturellement, les causes d'introduction de nouvelles espèces de poissons sont liées aux loisirs et à la pêche (36 %), à une curiosité scientifique (19 %), à la lutte biologique (19 %), à l'aquaculture (11 %) ou relève d'accidents (15 %) (Keith & Allardi, 1997).

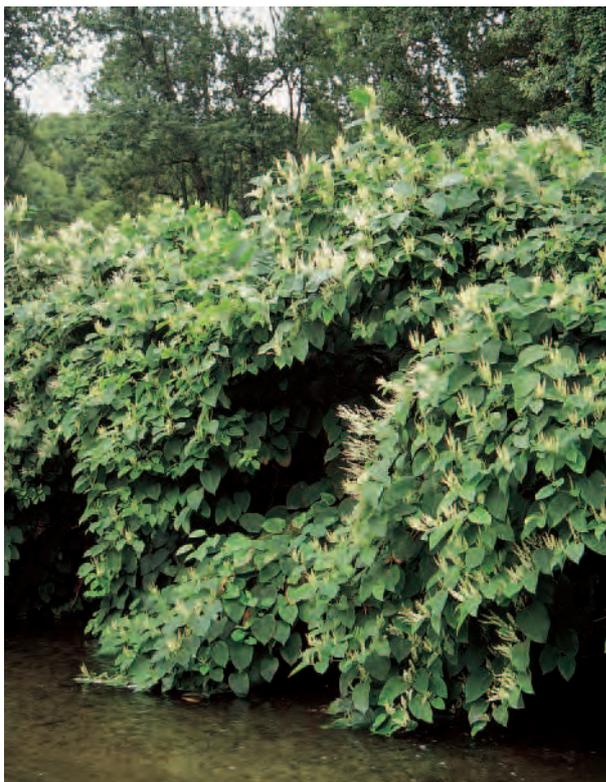


Photo: J. Méhéric

Renouée du Japon.

Dans 52 % des cas, les impacts de l'introduction de nouvelles espèces de poissons sont inconnus, pathologiques dans 11 % des cas et écologiques dans 37 % des cas (Keith et Allardi, 1997). Cependant la prolifération de certaines espèces comme le hotu est sujette à controverse car ce poisson occupe une niche écologique vacante et son introduction serait plutôt positive puisqu'elle augmente le nombre d'espèces de poissons.

IMPACTS

UNE APPRÉCIATION DES NUISANCES PARFOIS DIFFICILE...

On ne connaît pas toujours bien l'impact d'une espèce récemment introduite. La prolifération d'une espèce exotique peut entraîner :

- la disparition des espèces indigènes par compétition pour une même niche écologique ou par une dilution génétique,
- une fragilisation des écosystèmes (banalisation écologique et uniformisation des milieux),
- une simplification des réseaux trophiques*,
- une gêne mécanique pour diverses activités économiques (entrave à l'écoulement et au déplacement, gêne vis-à-vis des pratiques de loisir, obstruction des circuits des centrales thermiques),
- une accélération du comblement des milieux et une augmentation de la sédimentation des matières organiques (anaérobiose* du milieu, mortalité piscicole par toxicité ammoniacale).
- l'apport de maladies et de parasites

Les aspects positifs et négatifs liés aux introductions d'espèces exotiques dépendent très souvent des nuisances occasionnées et de la valeur économique liée à ces nouvelles espèces.

ACTIONS

L'action peut être palliative dans un premier temps, pour faire face à l'urgence, mais elle doit surtout être curative et préventive.

MÉTHODES PRÉVENTIVES

Il faut limiter l'impact des perturbations humaines sur les milieux naturels. Il s'agit, à titre d'exemple :

- de conserver les boisements riverains, en réduisant l'artificialisation des berges,

Lorsque cela est possible, les riverains sont encouragés à laisser une bande non cultivée d'au moins 10 mètres de large. Cette zone toujours en végétation est efficace contre les risques physiques et chimiques des activités humaines et sont autant d'habitats intéressants pour la faune et la flore.
- de s'assurer régulièrement de l'impact des aménagements sur le niveau des nappes³,
- d'établir des réglementations nationales et internationales : depuis 1995, la France dispose de la loi Barnier





PROLIFÉRATION D'ESPÈCES EXOTIQUES



permettant de contrôler l'introduction de toutes les espèces exotiques. Le problème dépasse le cadre juridique français et s'intègre dans un cadre international.

Les plans d'eau artificiels, du fait de la contrainte de marnage induite par leur gestion hydraulique, peuvent présenter des difficultés à acquérir une végétation naturelle. La végétalisation peut contribuer à une meilleure intégration écologique (autoépuration* naturelle, création de zones de frayère, augmentation de la biodiversité*, attrait paysager...). Il s'agit de plus en plus d'utiliser des techniques mixtes qui tentent de concilier les exigences de protection contre l'érosion, assurées par les techniques de génie civil, et les exigences actuelles de protection de l'environnement, assurée par les techniques de génie écologique. Ces techniques ont pour principe d'utiliser la forte capacité à bouturer de certains genres (Salix...) de même que les autres caractéristiques biologiques d'espèces locales. Ces techniques préviennent ainsi l'invasion d'espèces exotiques.*

MÉTHODES CURATIVES

En général, l'élimination d'une espèce exotique installée n'est pas matériellement possible. On ne peut que contrôler sa prolifération et éviter sa propagation. Les différentes actions (chimique, mécanique, biologique) passent par la bonne connaissance biologique des espèces exotiques invasives et par la réalisation préalable d'études à long terme. Il s'agit notamment d'étudier leur conséquence sur les autres espèces (suivi de la sélectivité des méthodes et des produits...).

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Actes de Colloque, 1997. Les introductions d'espèces dans les milieux aquatiques continentaux en métropole. Enjeux, conséquences et recommandations. n. Fr. Pêche Pisciculture, 344-345, 516 p.

Muller S. et al., 1997. Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. Étude interagences de l'eau coordonnée par J. Prygiel (Agence de l'Eau Artois-Picardie) réalisée par le GIS « Macrophytes des eaux continentales ». Les études de l'agence de l'eau n° 68.

Agence de l'Eau Adour-Garonne, 1999. Espèces végétales et animales inféodés aux milieux aquatiques. GERE, 49 p.





DES STRATÉGIES POUR LES ZONES HUMIDES

SOMMAIRE

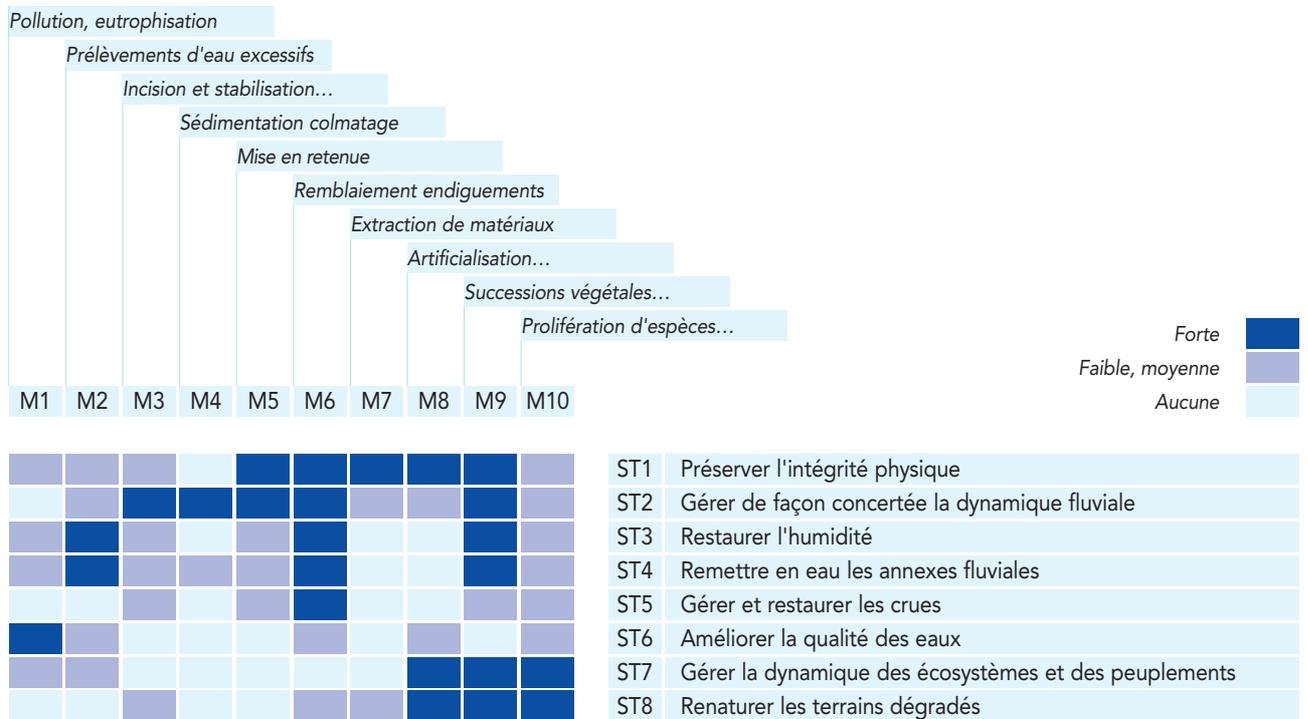
- ST1 PRÉSERVER L'INTÉGRITÉ PHYSIQUE
 - ST2 GÉRER DE FAÇON CONCERTÉE LA DYNAMIQUE FLUVIALE
 - ST3 RESTAURER L'HUMIDITÉ
 - ST4 REMETTRE EN EAU LES ANNEXES FLUVIALES
 - ST5 GÉRER ET RESTAURER LES CRUES
 - ST6 AMÉLIORER LA QUALITÉ DES EAUX
 - ST7 GÉRER LA DYNAMIQUE DES ÉCOSYSTÈMES
ET DES PEUPELEMENTS
 - ST8 RENATURER LES TERRAINS DÉGRADÉS
- QUITTER





Face aux menaces qui pèsent sur les zones humides ou aux déperditions constatées, le gestionnaire doit élaborer une stratégie. Celle-ci va du simple maintien d'une zone humide à sa re-création en passant par la restauration de certaines fonctions.

En fonction des enjeux et des conflits d'usages, le gestionnaire pourra se fixer un objectif et choisir des actions en connaissance de cause.





PRÉSERVER L'INTÉGRITÉ PHYSIQUE



Les zones humides jouent un rôle important vis-à-vis de la ressource en eau (cf. fiches fonctions). Ce rôle ne peut être optimal que si le fonctionnement et l'intégrité des zones humides sont préservés.

OBJECTIFS

RÉGLEMENTER, GÉRER

Pour préserver l'intégrité physique des zones humides, la mise en place d'outils de protection réglementaire et/ou de plan de gestion sont nécessaires.

1. Qu'en est-il à l'heure actuelle de la protection du site ?
2. Quelles sont les différentes solutions possibles ?
3. Comment gérer le site une fois protégé ?
4. Quelles mesures d'accompagnement complémentaires concourent à une protection durable ?

MAÎTRISER LES USAGES OU CHOISIR UNE MESURE RÉGLEMENTAIRE^{A30}

En fonction de la localisation du site, des droits de propriétés, d'une actuelle protection réglementaire existante ou non, la loi met à la disposition du gestionnaire un ensemble d'outils juridiques pour maîtriser les usages, conserver, restaurer ou mettre en valeur les zones humides. La protection réglementaire est plus rare et plus fastidieuse à mettre en place que la maîtrise d'usage d'un site.

Ces mesures d'origine aussi bien nationales, communautaires, qu'internationales sont issues de législations très diverses : droit rural, civil, de l'urbanisme et de la protection de la nature pour les principaux.

Il est possible de classer ces différents instruments de protection en 6 groupes :

- protection issue d'engagements internationaux (Ramsar*),
- protection relevant d'obligations réglementaires (Zone de Protection Spéciale),
- protection dans le cadre de structures de gestion l'espace (Réserve Naturelle),
- protection au travers d'outils d'orientation et de planification (ZNIEFF),
- protection par le biais de mesures incitatives et contractuelles (Mesures Agri-Environnementales),
- protection par maîtrise foncière et d'usage (Conservatoires Régionaux des Espaces naturels).

L'expérience de gestionnaires d'autres espaces naturels soumis aux mêmes contraintes et/ou l'appui d'un conseiller juridique permettront de choisir les outils de protection les plus adaptés.

Les documents d'urbanisme (plan d'occupation du sol, schéma directeur d'aménagement...) sont des éléments complémentaires à consulter et faire valoir sur les sites étudiés.

GÉRER L'AGRICULTURE

Les mesures incitatives de gestion comme les mesures agri-environnementales^{A31} (MAE-CTE) permettent de maintenir des zones humides en limitant les conséquences de l'agriculture intensive : maintien de prairies humides, gestion des élevages, pression de pâturage...

GÉRER LA FRÉQUENTATION^{A32, A33}

Une fois protégées et ouvertes au public, ces zones humides doivent faire l'objet de plans de gestion avec par ailleurs des règles de gestion, notamment en ce qui concerne la gestion de la fréquentation^{A32}. Des panneaux signalétiques^{A33} permettent d'indiquer les consignes à suivre dans ces espaces.

POUR EN SAVOIR PLUS

Choisir une mesure réglementaire : A30

Les mesures agri-environnementales : A31

Protéger par une gestion de la fréquentation : A32, A33





GÉRER DE FAÇON CONCERTÉE LA DYNAMIQUE FLUVIALE



INTRODUCTION

La « dynamique fluviale » peut être définie comme l'ensemble des modifications naturelles de la morphologie (ou des formes du lit) d'un cours d'eau : érosion, dépôts de sédiments, coupures de méandres... Ces mécanismes sont liés à des variables hydrologiques (débits de crues...) et géomorphologiques (pente de la vallée, nature des sédiments, transport solide...).

La dynamique fluviale est très souvent dégradée sur les cours d'eau français : protection des berges contre l'érosion, barrages, extractions...

Cette évolution est extrêmement négative pour l'ensemble des fonctions des hydrosystèmes fluviaux :

- la dynamique permet la régénération des écosystèmes, avec création permanente de nouveaux milieux (bras morts, grèves...); l'arrêt de ces rajeunissements entraîne la banalisation des écosystèmes;
- la dégradation de la dynamique de la rivière s'accompagne généralement de son incision, responsable d'une diminution quantitative de la ressource en eau (baisse des nappes), d'une diminution de la fonction d'expansion des crues, voire de la destruction d'ouvrages (ponts...).

Il est donc fondamental de protéger la dynamique fluviale là où elle existe, et de chercher à la restaurer là où elle a été dégradée.

OBJECTIFS

CONSERVER UN ESPACE DE LIBERTÉ POUR LES COURS D'EAU

Dans tous les cours d'eau où la dynamique fluviale est encore active, il convient de conserver les possibilités de divagations. Il s'agit avant tout de définir et préserver un « espace de liberté » où le cours d'eau peut se déplacer librement : éviter l'urbanisation, la création de gravières, les enrochements...

- définition et protection de l'espace de liberté^{A1},
- protections réglementaires^{A30},
- documents d'objectifs Natura 2000.

En cas de réalisation de grands aménagements (ponts, routes...), il est fondamental de prendre en considération le transit des sédiments et le maintien de la dynamique fluviale. Ce thème n'est pas détaillé dans le guide, mais quelques exemples peuvent être cités :

- éloigner les infrastructures par rapport à la rivière, de façon à limiter les protections de berge,

- éviter une concentration des eaux dans la rivière, qui conduirait à l'incision : prévoir des ponts aux arches multiples...
- éviter les corrections du cours d'eau liées aux travaux (coupures de méandres...),
- en cas de réalisation de seuils ou de barrages, prendre en compte le transit des matériaux vers l'aval (consignes de gestion des vannes...).

RESTAURER UNE DYNAMIQUE DÉGRADÉE

Certaines actions peuvent permettre d'améliorer le fonctionnement de la dynamique fluviale, voire de relancer ce processus, en favorisant :

- **l'érosion^{A1}** :
 - enlèvement d'enrochements sur les berges,
 - déstabilisation de bancs de sédiments (coupe de la végétation, charruage),
 - épis provoquant volontairement l'érosion sur la rive opposée.
- **le transport solide^{A1}** :
 - amélioration du passage des sédiments au droit des obstacles,
 - effacement (= destruction) de barrage,
 - déversement de sédiments dans le cours d'eau.
- **le reméandrage^{A2}** :

Cette technique consiste à redonner un profil diversifié à un cours d'eau recalibré. Cette opération peut créer un milieu relativement statique dans les cours d'eau à faible pente, mais elle peut initier une réelle dynamique en cas de pentes fortes à moyennes.



La dynamique fluviale permet le rajeunissement permanent des écosystèmes.





MENER UNE GESTION RESPECTUEUSE DE LA DYNAMIQUE FLUVIALE

La gestion de la rivière et de ses abords^{A3} doit être menée dans le souci constant de la dynamique fluviale :

- en cas de dépôts de sédiments dangereux en matière d'inondation : report à l'aval plutôt que évacuation,
- maintien d'embâcles susceptibles de tenir la ligne d'eau (petits cours d'eau)^{A4}.

AGIR SUR LES SYMPTÔMES DE LA DÉGRADATION

Dans bien des cas, la rivière est définitivement stabilisée, et les actions doivent alors porter sur les conséquences de cette artificialisation :

- **maintien ou relèvement des lignes d'eau :**
 - seuil en rivière^{A6},
 - réalimentation des nappes^{A8, A10},
- **restauration des inondations :**
 - restauration de lit majeur^{A14},
 - bassin de rétention des crues^{A20}.
- **restauration de milieux** que la dynamique fluviale ne peut plus créer ou entretenir :
 - remise en eau d'annexes fluviales^{A10, A11},
 - gestion pastorale^{A22} ou mécanique^{A23} de la végétation.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Bravard (J.P.), Petit (F.), 1997. Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial. A. Colin, 222 p.
Epteau, Malavoi (J.R.), 1998. L'espace de liberté. Guide du SDAGE RMC, 39 p.

VOIR FICHES CORRESPONDANTES

Études de cas : K10 Vallée de la Moselle, K5 Val d'Allier
Fiches d'actions : A1, A2, A3, A4, A6, A8, A10, A11, A14, A20, A22, A23, A30

TABLEAU DE SYNTHÈSE

Types de cours d'eau	Protection, restauration	Gestion
Cours d'eau très dynamique, en bonne santé géomorphologiquement	Suivi, détermination et protection de l'espace de liberté	Gestion intégrée des lits mineurs ^{A3} , gestion des embâcles ^{A4}
Cours d'eau dynamique en voie de dégradation : incision, stabilisation des berges	Détermination et protection de l'espace de liberté, recharge du débit solide (déstabilisation des berges...)	Gestion intégrée des lits mineurs, gestion des embâcles
Cours d'eau potentiellement dynamique, mais totalement rectifié	Reméandrage	Gestion intégrée des lits mineurs
Cours d'eau irrémédiablement stabilisé	Interventions sur les symptômes de la stabilisation : - relèvement des lignes d'eau (seuils) - remise en eau d'annexes Restauration des berges des canaux et retenues	Entretien des milieux pionniers et des zones restaurées
Cours d'eau à faible pente, sans dynamique forte possible	Non concernés	Non concernés





RESTAURER L'HUMIDITÉ

Une zone humide est par définition « habituellement inondée ou gorgée d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ». Restaurer l'humidité, c'est permettre un apport d'eau par différents moyens ou techniques.

La restauration de l'humidité entraîne à moyen terme le retour d'une certaine diversité biologique qui avait disparu avec l'assèchement de la zone.

OBJECTIFS

DIAGNOSTIQUER

Quand une zone humide semble manquer d'eau, un diagnostic précis s'impose. Il faut en identifier les raisons et évaluer le déficit (volume, périodes), pour pouvoir ensuite établir un programme de restauration.

Différents types d'actions sont possibles en fonction de l'importance du manque d'eau, de la période et de la fréquence d'assèchement :

- pour un manque d'eau permanent, il faut réalimenter en eau la zone humide;
- pour un manque d'eau en période d'étiage du cours d'eau associé à la zone humide, le cours d'eau peut faire l'objet d'un aménagement de seuil, ou voir son débit réservé augmenté; la connexion cours d'eau/zone humide pourrait alors être restaurée;
- pour un manque d'eau en période de crues, il faut étudier les possibilités de restauration des apports d'eau pendant ces périodes.

Le tableau ci-après montre quelques exemples de pro-

blèmes que le gestionnaire peut rencontrer et le raisonnement à tenir dans ces quelques cas présentés.

La réhumidification du marais d'Episy

L'abaissement de la nappe consécutivement à la création d'une carrière dans le marais d'Episy (77) a asséché une partie de cette tourbière alcaline, site français des plus remarquables par sa richesse et l'originalité de sa flore. Un projet de restauration durable financé par l'AESN, la DIREN Île de France et le Conseil Général de la Marne a été élaboré. Il prévoit le rétablissement de conditions hydriques favorables, par la réhumidification d'une partie du site grâce à un large fossé alimenté par un pompage réalisé dans le plan d'eau de la carrière. Pour pérenniser les effets de ces travaux de restauration, un projet de gestion durable est envisagé, par le biais de travaux de fauche combinés à la mise en place d'un pâturage extensif.

PRÉCAUTIONS À PRENDRE

La qualité de l'eau prélevée pour réalimenter une zone humide doit faire l'objet d'un contrôle rigoureux⁵⁴ et être exempte de toute pollution.

La remise en eau d'une zone humide peut engendrer localement une augmentation significative de la piézométrie. Une étude piézométrique⁵⁴ du site et de son environnement doit donc être préalablement réalisée afin de connaître l'évolution de la nappe après aménagement.

Dans le cas de la pose de prises d'eau, leur entretien doit faire l'objet d'un suivi rigoureux sous peine d'annihiler les travaux réalisés (vannages détériorés, bloqués, mal entretenus...).

Raisons de l'assèchement	Actions à mener	Fiches
Observation d'un atterrissement* naturel	Relèvement de la ligne d'eau étrépage de la végétation Accepter la situation et laisser faire	Relèvement de la nappe ⁸ Décolmatage des berges ¹²
Dérivation du cours d'eau	Débit réservé	Remise en eau ¹⁴ Gestion des débits réservés ¹⁵
Absence d'alimentation en eau	Restaurer les connexions entre la zone humide et le chenal principal	Gestion des crues ¹⁴
Drain	Neutralisation du réseau de drainage	Fermeture de drains ¹⁷
Abaissement de la nappe par pompage (suivi des prélèvements ⁵⁸)	Gestion des prélèvements, déplacement des pompes	Limitation des pompes ⁵⁹ Cf. exemple du marais d'Episy (voir encadré)
Extractions de granulats	Creusement de fossé pour réalimenter la zone	
Incision	Gestion de la dynamique fluviale et de l'espace de liberté du cours d'eau permettant la création d'annexes fluviales Stabiliser le fond du lit pour maintenir en eau les annexes fluviales antérieurement créées	Seuils en rivière ⁶⁶





Toute intervention dans le cours d'eau et ses annexes doit faire l'objet d'un contrôle par la police de l'eau. Le cahier des charges des entreprises doit imposer des contraintes sévères en matière de respect de l'environnement pour éviter tout risque d'accident ou de pollution accidentelle sur le site.

La remise en eau du marais de la Pipe

Dans la réserve naturelle du courant d'Huchet, le marais d'arrière-dune de la Pipe a été asséché à cause de l'incision de la rivière. Il a été remis en eau grâce à l'action de trois seuils réglables (batardeaux), qui servent respectivement à :

- *diriger un débit vers le marais via un canal,*
- *relever la nappe à l'aval du marais,*
- *diminuer la chute du seuil précédent, qui aurait pu entraîner une érosion excessive du fond.*

Cette « humidification » a été couplée à un broyage de la végétation ligneuse qui s'était développée depuis l'assèchement.

En complément des actions de réhumidification, il est important de prévoir un plan de gestion général de la zone humide, notamment en ce qui concerne la végétation (étrépage initial suivi d'une fauche annuelle, ou pâturage...).

POUR EN SAVOIR PLUS

VOIR FICHES CORRESPONDANTES

Stratégies : ST4

Actions : A5, A6, A7, A8, A9, A12, A14

Suivi : S4, S6





REMETTRE EN EAU LES ANNEXES FLUVIALES



INTRODUCTION

Les annexes fluviales tendent à se raréfier et à se dégrader. Les dysfonctionnements des cours d'eau (incision en particulier) accélèrent l'assèchement et l'atterrissement* naturels de ces milieux. Par ailleurs, la dynamique fluviale des cours d'eau est souvent trop altérée par des aménagements pour permettre la formation naturelle de nouveaux bras annexes.

Dans ces conditions, il est souhaitable de maintenir et restaurer ces espaces relictuels, compte-tenu des fonctions importantes qu'ils assurent : forte diversité biologique[®], sites de refuge et de reproduction pour les poissons, paysage, régulation des nutriments[®] et des crues[®]...

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour remettre en eau des annexes fluviales, avec des conséquences variées sur le milieu.

ANALYSER LE CONTEXTE

Il est nécessaire de comprendre les raisons de la disparition des annexes concernées, sous peine d'échec. Ainsi, il ne servirait à rien de recreuser un bras si l'enfoncement de la rivière voisine se poursuit, condamnant le milieu recréé à brève échéance.

Il importe de bien connaître le type d'annexes concernées, afin de déterminer la situation de référence et les objectifs à atteindre.

On peut distinguer deux cas de figure bien différents :

- les anciens bras de tressage ou d'anastomose : la restauration doit viser à restaurer le fonctionnement ;
- les bras de méandrage isolés du cours d'eau : la restauration doit viser à bloquer l'évolution du bras à un niveau optimal de l'évolution du milieu, et entraînant la nécessité d'un entretien régulier. La restauration s'apparente alors à celle des étangs (recreusements réguliers).

DÉTERMINER LES OBJECTIFS DE L'OPÉRATION

Les objectifs de la restauration d'un bras peuvent conditionner le choix de la technique :

- **patrimoine naturel[®]**. Dans ce domaine, les objectifs doivent être déterminés en fonction des communautés vivantes que l'on souhaite obtenir. Un milieu oligo-mésotrophe, alimenté par la nappe, sera assez peu diversifié, mais les espèces seront spécialisées. Une annexe mésotrophe*-eutrophe* sera plus diversifiée, mais avec des espèces éventuellement plus classiques. Un objectif omni-

thologique suppose la restauration d'une surface de zone humide assez grande pour attirer des espèces exigeantes.

- **expansion des crues[®]**. Les objectifs en matière de crues doivent résulter de l'analyse du contexte local. L'enlèvement des obstacles le long des bras, voire leur creusement, permet de faire transiter une partie du débit des crues, et donc d'abaisser les lignes d'eau. Dans d'autres cas, on souhaitera au contraire « freiner » la crue (augmenter l'écrêtement), ce qui conduira à maintenir dans l'annexe une végétation arbustive dense.
- **alimentation de la nappe[®]**. Une réalimentation gravitaire peut permettre d'alimenter la nappe par infiltration.

DES PRÉCAUTIONS À PRENDRE

PENSER À LA PÉRENNITÉ DE L'OPÉRATION

Une remise en eau de bras est une opération lourde que l'on ne peut pas reproduire régulièrement. Il est donc impératif de garantir une bonne pérennité : limitation des apports (MES, nutriments*) de l'amont, auto-curage lors des crues...

PRÉVENIR LES IMPACTS NÉGATIFS

Il est nécessaire d'évaluer dès la phase projet les impacts des travaux, de façon à les prévenir :

- destruction des communautés vivantes préexistantes ;
- terrassement : prolifération d'espèces indésirables, compactage du sol ;
- apport d'eau de mauvaise qualité ;
- creusement important du bras : drainage de la nappe ;
- création de seuils en rivière de façon à diriger une partie du débit vers un bras : entrave aux déplacements des poissons ;
- etc.

CHOISIR LA TECHNIQUE LA MIEUX ADAPTÉE

De multiples méthodes peuvent permettre la remise en eau d'une annexe asséchée. En fonction des objectifs poursuivis, il convient de les envisager toutes avant de s'engager dans un programme, qui pourra souvent combiner plusieurs techniques.

PERMETTRE AU COURS D'EAU DE RECRÉER DES BRAS

La restauration la plus fondamentale consiste à permettre au cours d'eau de recréer naturellement de nouveaux bras





qui évolueront librement : restauration de l'espace de liberté^{A1}, reméandrage^{A2}.

Cette approche est souvent impossible dans les cours d'eau stabilisés, et il est souvent nécessaire de se « contenter » de remettre en eau les bras annexes.

Restaurer l'alimentation en eau des annexes

Il s'agit de réduire l'impact négatif de certaines activités :

- diminuer les pompages en nappe^{A9},
- relever le débit réservé^{A5},
- relever la ligne d'eau de la rivière ou des annexes : seuils^{A6}.

RÉALIMENTER L'ANNEXE AVEC DE L'EAU PRÉLEVÉE À PROXIMITÉ

La technique de la remise en eau gravitaire des annexes^{A10} est intéressante par son efficacité, et par son effet positif sur les nappes. Elle n'est toutefois possible que dans certaines conditions.

REMETTRE EN EAU PAR RECREUSEMENT

La méthode la plus souvent utilisée consiste en un recreusement^{A11}, permettant la remise en eau de l'annexe par mise à nu de la nappe phréatique. Il s'agit d'une technique efficace, mais qui peut s'avérer négative sur le milieu environnant (drainage de la nappe phréatique); le coût d'une telle opération peut être très élevé.

AMÉLIORER LE FONCTIONNEMENT DES ANNEXES EN EAU

Les annexes en eau, ayant ou non bénéficié d'une réalimentation, nécessitent souvent des opérations visant à améliorer leur fonctionnement :

- restaurer les connexions (enlèvement d'obstacles...),
- restaurer le passage des crues^{ST5, A14}.

Quelques critères de comparaison

Voici quelques critères qui méritent d'être analysés lors de l'étude d'une remise en eau d'annexes, en particulier pour comparer des scénarios d'actions :

- hauteur des nappes à proximité de l'annexe^{A4},
- hauteur et battement des niveaux d'eau dans l'annexe,
- qualité de l'eau à attendre^{A6},
- participation à l'écoulement des crues,
- rôle de l'annexe comme refuge pour les poissons en cas de pollution ou de crue,
- pérennité vis-à-vis de la sédimentation,
- degré de connexion entre le chenal actif et le bras (bras plus ou moins perché).

POUR EN SAVOIR PLUS

VOIR FICHES CORRESPONDANTES

Fiches d'actions : A1, A2, A5, A6, A9, A11, A14.

Stratégies : ST5





REMETTRE EN EAU

LES ANNEXES FLUVIALES



COMPARAISON DE MÉTHODES DE REMISE EN EAU DE BRAS FLUVIAUX

	Restauration de la dynamique fluviale : reméandrement, espace de liberté	Réalimentation permanente par la rivière depuis l'amont (recreusement)	Recreusement limité, connection à la rivière par l'aval	Relèvement de la ligne d'eau de la rivière (seuil, débit réservé)	Réalimentation gravitaire	Relèvement de la nappe par diminution de pompages
N° de la fiche	A1, A2	A11	A11	A5, A6	A10	A9
Objectifs						
Intérêt écologique	Maximal	Bon; création d'une île isolée, favorable à la faune	Généralement très bon; alimentation phréatique possible	Généralement bon; alimentation phréatique possible	Bon, dépend de la qualité de l'eau déversée	Généralement très bon, alimentation phréatique possible
Rôle du bras comme refuge en cas de pollution de la rivière	Variable, bon dans les annexes semi-déconnectées	Pas de rôle de refuge	Bon rôle de refuge	Mauvais si alimentation par l'amont	Correct en cas de contrôle des entrées d'eau	Généralement bon
Réalimentation de la nappe par infiltration depuis le bras	Lors des crues	Nul-médiocre (possible en crue)	Variable : négatif en cas de drainage, légèrement positif s'il y a infiltration lors des crues	Bon	Bon, sauf en cas de colmatage des berges	Dans ce cas, la nappe alimente le bras et non l'inverse
Expansion des crues	Bonne	Généralement bonne	Bonne si le recreusement est assez général	Médiocre	Nulle; la remise en eau limite toutefois les arbres dans le chenal, facilitant le passage des crues	Nulle; la remise en eau limite toutefois les arbres dans le chenal, facilitant le passage des crues
Contraintes						
Qualité de l'eau	Dépend de la qualité de l'eau de la rivière	Méthode à éviter si l'eau de la rivière est de mauvaise qualité	À privilégier si l'eau de la rivière est de mauvaise qualité	Problème possible si le bras est alimenté par l'amont avec une eau médiocre	Problème possible si l'eau utilisée est médiocre (possibilité de fermeture en cas de pollution)	Pas de difficulté
Sédimentation-pérennité	Situation optimale : des bras se comblent, d'autres se créent	Assez favorable : les sédiments peuvent être évacués à l'aval	Risque de sédimentation si les crues ne circulent pas assez	Risque de sédimentation si les crues ne circulent pas assez	Risque de colmatage des berges : l'infiltration ne se fera plus. Possibilité de fermeture en cas de fort taux de MES, bassin décanteur	Pas de difficulté
Faisabilité technique, coût	Généralement impossible : rivière stabilisée	Coût souvent important (évacuation des matériaux)	Coût souvent important (évacuation des matériaux)	Coût souvent important; le but du relèvement de débit réservé dépasse largement cet objectif	Méthode rarement possible techniquement; coût très variable; taxes à VNF en cas de prélèvement en rivière domaniale	Méthode intéressante mais lourde (négociation...), manque à gagner pour l'utilisateur des captages





GÉRER ET RESTAURER LES CRUES



Les crues conditionnent le fonctionnement naturel des hydrosystèmes fluviaux par leurs actions sur l'écosystème, en favorisant notamment leur dynamique.

Toutefois, les crues les plus fortes menacent les personnes et les biens qui sont exposés aux inondations qu'elles provoquent.

Pour concilier ces deux conséquences contradictoires des crues, la gestion raisonnée des zones inondables, développée récemment par les services de l'État, a mis en évidence la nécessité de préserver des champs d'expansion des crues dans le but principal de protéger des secteurs urbanisés en aval.

En conséquence, il est très important de maintenir l'inondation des zones humides naturelles, positive à la fois en matière d'écologie et de protection des biens et des personnes.

Dans certains espaces naturels, il est même possible de restaurer l'inondabilité, pour les crues les plus fréquentes, à des fins essentiellement écologiques, là où les enjeux de protection des biens et des personnes sont inexistantes.

OBJECTIFS

La détermination d'objectifs en matière de gestion des inondations doit résulter d'une démarche globale et intégrée, prenant en compte tous les aspects de l'inondation^{A1}.

De façon idéale, il est souhaitable de mettre en place pour chaque tronçon de vallée un véritable plan de gestion des inondations, basé sur une démarche globale :

CONNAISSANCE DU PHÉNOMÈNE INONDATION^{S3}

Il est très utile de réaliser une modélisation numérique hydraulique du secteur inondable, basée sur des levés topographiques récents et sur des données de référence sur des crues observées. Cet outil permet de simuler le passage de différentes crues dans la plaine, avec des hypothèses d'aménagement.

Une analyse rétrospective des crues historiques et de leurs conséquences permet de présenter des données incontestables sur l'ampleur des phénomènes.

CONNAISSANCE DES RISQUES LIÉS AUX INONDATIONS

Le risque lié à la crue peut être appréhendé grâce à deux notions :

- L'aléa est le potentiel de destruction ou de dégradation par une crue en un lieu donné (fréquence et gravité des inondations...),

- l'enjeu est ce qui peut être mis en danger : vies humaines, bâtiments, cultures...

Une analyse croisée de ces deux critères permet d'identifier les points de la vallée les plus sensibles au risque.

Il est à noter que cette analyse, généralement limitée au risque inondation, peut également être menée en matière de risque lié aux érosions.

ÉVALUATION DES BESOINS DES ÉCOSYSTÈMES EN MATIÈRE D'INONDATION.

Il est possible de mener une réflexion écologique fine afin de déterminer les fréquences d'inondation nécessaire à la préservation du patrimoine naturel ; quelques exemples peuvent être cités :

- connexion en crue des annexes fluviales^{A10} avec la rivière, fondamentale pour la reproduction du brochet;
- inondation (fréquence, hauteur d'eau...) de la forêt alluviale, conditionnant la composition de la végétation.

Au terme de cette analyse globale, il sera possible de déterminer des objectifs en matière de diminution des risques, de restauration des champs d'expansion des crues^{A3, A14}...

PRINCIPES

Les actions à engager, peuvent être de différentes natures.

LIMITER LES ENJEUX

Cet objectif est prioritaire; il s'agit de limiter les enjeux exposés aux aléas les plus forts. De façon préventive, les Plans de Prévention des Risques imposent cet objectif dans les documents d'urbanisme (interdiction d'urbaniser les zones les plus inondables)^{A30}.

Dans certains cas, il peut être souhaitable de déplacer les équipements soumis à des risques trop forts. Cette mesure a souvent été mise en œuvre pour des campings; elle a aussi été prise à travers le déplacement d'entreprises et d'habitations dans la vallée de la Loire à Brives-Charensac (Haute-Loire, Plan Loire Grandeur Nature).

D'autres méthodes peuvent permettre de limiter les dangers des inondations : système d'alerte des crues, fermeture temporaire des secteurs dangereux, information du public...

CONSERVER ET RESTAURER LES CHAMPS D'EXPANSION DES CRUES

Les zones humides, lorsqu'elles fonctionnent bien, permettent de limiter les inondations dans les zones habitées.





Différentes méthodes peuvent permettre de conserver et restaurer cette fonction :

- Protection des zones humides

La préservation de l'intégrité des zones humides est naturellement un préalable indispensable⁹¹.

- Préservation et restauration des zones inondables des têtes de bassins

Les zones humides de tête de bassin peuvent jouer un important rôle de stockage et de ralentissement des crues⁹¹. Les zones naturelles d'expansion des crues qui subsistent à l'amont des bassins versants (zones humides, boisements...) doivent être protégées.

Dans certains cas, il est possible et souhaitable de limiter le ruissellement et de favoriser l'infiltration des eaux dans des terrains enherbés comportant des haies et des boisements (ce type d'opération peut résulter d'une renaturation de surfaces agricoles).

- Restauration des lits majeurs⁹⁴

Les lits majeurs des cours d'eau ont souvent été dégradés : endiguements, incision, remblais... Leur restauration est un objectif très important en matière de contrôle des inondations, mais aussi de protection des écosystèmes, voire de recharge des nappes^{91, 93}.

Les méthodes mises en œuvre peuvent être multiples : arasement ou déplacement de digues, réouverture des chenaux d'inondation...

Cette approche est la plus intéressante, parce qu'elle vise à restaurer l'ensemble des fonctions de la vallée, en retrouvant un fonctionnement proche de l'état naturel.

Les bassins de rétention des crues²⁰

Si les enjeux menacés sont très forts et si aucune autre mesure de régulation des crues n'est suffisante, il peut être acceptable de stocker artificiellement d'importants volumes d'eau à l'amont des zones sensibles, de façon à écrêter fortement les crues. Pour ce faire, peuvent être mises en place des retenues de sur-stockage, ou des zones d'inondation dont les entrées et les sorties sont contrôlées par l'homme.

La création de tels ouvrages peut entraîner des impacts négatifs sur le milieu naturel; leur conception et leur gestion doivent être conçus de façon à prendre en compte les autres fonctions de l'hydrosystème.

FACILITER L'ÉCOULEMENT DES EAUX VERS L'AVAL

Cet objectif peut être localement légitime dans des secteurs très sensibles; il vise à faciliter l'écoulement des eaux de crue, de façon à abaisser les lignes d'eau et diminuer la

durée des inondations. Les travaux correspondent au recalibrage de la rivière, à la création de drains...

Ce type d'interventions, largement pratiqué, présente des inconvénients importants. Les eaux évacuées se retrouvent plus rapidement à l'aval, où les pics de crues peuvent se trouver aggravés. Les crues sont également plus rapides, donc plus violentes et difficiles à signaler aux riverains.

En outre, ces travaux entraînent souvent une dégradation du milieu naturel : uniformisation du lit, incision...

Il est préférable de privilégier une démarche plus globale (prévention, restauration des cours d'eau...) et de limiter les travaux d'évacuation des eaux aux secteurs les plus sensibles. Certaines précautions peuvent alors être prises pour limiter les impacts négatifs des travaux.

POUR EN SAVOIR PLUS

VOIR FICHES CORRESPONDANTES

Fiches d'actions : A1, A3, A10, A14, A20, A30.

BIBLIOGRAPHIE

CEMAGREF, 1998. Guide pratique de la méthode d'inondabilité. Collection des études interagences de l'eau n° 60.

Michelot J.-L., Malavoi J.-R., 1999. Travaux post-crues, bien analyser pour mieux agir. GRAIE/Région Rhône-Alpes, DIREN Rhône-Alpes, Agence de l'eau RMC, 24 p.

Degardin F., Gaide P.A., 1999. Valoriser les zones inondables dans l'aménagement urbain. Repères pour une nouvelle démarche. CERTU, Ministère de l'aménagement du Territoire et de l'environnement. 231 p.

PÔLES DE COMPÉTENCES

CEMAGREF, 3 quai Chauveau, 69009 Lyon. Tél. : 0472208787, fax : 0478477875.

CERTU, Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques. 9 rue Juliette Récamier 69456 Lyon CEDEX 06. Tél. : 0472745959.

Équipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature. s/c Agence de l'Eau Loire-Bretagne, BP 6339, 45063 Orléans CEDEX 2. Tél. : 0238691828, fax : 0238693802.

GRAIE (Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau), 27 boulevard du 11 novembre 1918, 69603 Villeurbanne CEDEX. Tél. : 0472438368, fax : 0472439277.

Institut des plaines alluviales, Auen Institut, WWF, Josefstrasse 1, D-7550 Rastat, Allemagne.





AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'EAU



Les rejets mal ou non traités, directs ou indirects, engendrent une altération de la qualité des eaux des zones humides⁴⁴ dues notamment à des pollutions :

- organiques (rejets domestiques, industriels),
- toxiques chroniques ou accidentelles (pesticides employés en agriculture, hydrocarbures),
- bactériologiques (eaux usées),
- par les nutriments* (pollution diffuse d'origine agricole),
- par les chlorures,
- thermiques (rejets d'eau de refroidissement des centrales nucléaires).

Ces pollutions sont exacerbées notamment par :

- l'augmentation des volumes et vitesses de ruissellement des eaux au travers des surfaces imperméabilisées,
- l'augmentation du nombre de sites industriels,
- l'intensification des pratiques agricoles et le remembrement,
- la suppression des zones humides à capacité « auto-épuration » naturelle importante (marais, forêt alluviale...),
- l'intensification du transport de matières dangereuses augmentant le risque de pollution accidentelle,
- les remblaiements « sauvages » avec des matériaux moins inertes qu'il n'y paraît,
- etc.

OBJECTIFS

PRÉVENIR ET RESTAURER.

L'amélioration de la qualité des eaux et l'établissement d'objectifs de qualité spécifiques répondant aux fonctions assignées à la zone humide passent par une identification préalable du mode de fonctionnement hydraulique et une vision globale de la gestion des eaux au niveau du bassin versant*.

Les responsables des dégradations de la qualité des eaux sont situés parfois à de grandes distances des sites concernés, les méconnaissent et ne sont donc pas disposés spontanément à s'y intéresser, encore moins à restaurer les milieux (investissements financiers).

LIMITER LES FLUX POLLUANTS

Les obligations réglementaires :

- les dispositifs juridiques⁴³⁰,
- la limitation et le contrôle des rejets⁴¹⁵.

Outre les services de police des eaux, le contrôle des rejets industriels et des collectivités locales (via les stations d'épuration) est également réalisé par les Agences de l'Eau en France pour l'application du principe « pollueur-payeur ».

Un point faible de la réglementation actuelle réside dans le régime administratif des interventions et des projets (loi sur l'eau du 3 janvier 1992 et décret 93-743 du 29 mars 1993 « autorisations, déclaration ou exemption ») variable avec leur impact potentiel individuel sur le milieu. L'addition de petites interventions peut conduire pourtant à des dysfonctionnements graves et provoquer des pollutions irréversibles pour le milieu (ASCA 1992).

Les mesures agri-environnementales⁴³¹

Elles permettent notamment de limiter les intrants dans les zones humides (réduction de fertilisants et de phytosanitaires sur les cultures), de limiter les volumes de ruissellement en provenance du bassin versant proche pendant l'hiver (conversion de surfaces nues en surface en herbe).

La création ou le maintien des « zones tampons » entre la zone humide et le bassin versant :

- création de dispositifs enherbés⁴²¹,
- contrôle de la végétation par le pastoralisme⁴²²,
- gestion des roselières⁴²⁴,
- maintien des ripisylves* et forêts alluviales^{425, 426}.

La gestion raisonnée de la démoistation⁴²⁷ doit permettre de préserver les zones humides de déversements surabondants de produits phytosanitaires.

Le maintien, la réhabilitation voire la création de zones humides

De part leurs fonctions épuratrices^{428, 429, 430}, les zones humides contribuent à améliorer la qualité des eaux, notamment grâce à différentes actions :

- le maintien de l'intégrité physique des zones humides⁴³¹,
- la création de vasières⁴³²,
- la fermeture de drains en marais et tourbières⁴³³,
- l'amélioration du fonctionnement hydrique^{434, 435}.

La limitation des risques de pollutions accidentelles

Elle permet de préserver la qualité des eaux des milieux récepteurs. Des dispositifs de sécurité et de parades le long des axes routiers, dans le cadre de projet de remise en eau d'annexes fluviales, de marais, etc. sont préconisés voire obligatoires : bassins de stockage/décantation, dispositifs de surveillance, d'alerte et d'intervention...

La restauration d'une qualité de l'eau satisfaisante

Cela implique nécessairement d'identifier les sources de pollutions, de les traiter ou de les maîtriser en complément d'actions préventives.





Cette identification passe pour les rejets ponctuels connus par :

- le respect de la réglementation^{A30},
- le contrôle des rejets^{A15},
- la résorption de stockage de déchets,
- la vigilance et le contrôle à apporter lors des travaux en rivière,
- le curage des sédiments pollués dans des étangs, lacs, annexes hydrauliques de cours d'eau et la réoxygénation de lac et étang.

Pour les rejets diffus issus de l'agriculture, différents outils ou techniques sont disponibles :

- l'application des mesures agri-environnementales^{A31} (MAE et CTE),
- la création de zones enherbées^{A21}.

La pérennité des opérations de réhabilitation doit être assurée par un suivi des actions menées. Pour cela, différents indicateurs physico-chimiques⁵⁶ ou biologiques⁵⁸ existent.

POUR EN SAVOIR PLUS

VOIR FICHES CORRESPONDANTES

Menaces : M1

Actions : A7, A13, A15, A21, A22, A24, A25, A26, A29, A30, A31





GÉRER LA DYNAMIQUE DES ÉCOSYSTÈMES ET DES PEUPELEMENTS



CADRE DE RÉFLEXION

DES PERTURBATIONS UTILES

Quelles que soient leurs origines, la persistance de tous les écosystèmes aquatiques, semi-aquatiques ou terrestres repose sur l'existence de perturbations d'intensité et de fréquence variable. La dynamique fluviale est l'un des moteurs de ces perturbations dans les hydrosystèmes. L'alternance de périodes d'inondation et d'assèchement assure par exemple le maintien des prairies humides et des marais. L'impact de grands mammifères herbivores, les incendies occasionnels et les activités humaines traditionnelles sont d'autres exemples de perturbations pouvant agir dans les zones humides.

En l'absence de perturbations naturelles ou d'intervention humaine, ces milieux sont envahis par les grands héliophytes* (roseau, marisque, etc.) avant de laisser la place progressivement à des landes arbustives. Le déclin des activités traditionnelles tout au long du XX^e siècle, les drainages à des fins agricoles, les pompages d'eau potable dans la nappe accélèrent encore les processus d'atterrissement* et la dynamique de la végétation dans les zones humides.

Dans certaines situations, ces modifications des conditions hydrologiques favorisent le développement d'espèces animales ou végétales, le plus souvent indésirables aux activités humaines. Le contrôle efficace de ces espèces se heurte à de sérieuses difficultés et a conduit à expérimenter différents moyens de lutte.

OBJECTIFS

Les objectifs peuvent être :

- de contenir l'évolution spontanée de la végétation,
- de faire régresser certaines espèces envahissantes (héliophytes, ligneux) afin de restaurer les communautés herbacées et lutter contre la fermeture et la banalisation du milieu^{M8},
- d'augmenter la diversité floristique et faunistique, en favorisant le retour de taxons* devenus rares ou absents,
- d'éliminer la gêne mécanique à l'écoulement des eaux et à la circulation à cause de l'encombrement végétal dans les canaux (macrophytes exotiques^{A28}, roseau^{A21}),
- d'exporter de la matière végétale afin de limiter l'atterrissement* et l'enrichissement organique,
- d'éliminer ou de limiter les populations de certaines espèces animales « gênantes » directement pour l'homme (moustique)^{A29} ou pour ses ouvrages (ragondin).

PRINCIPES

D'ABORD TRAITER LES CAUSES

Il s'agit de s'interroger, avant d'intervenir, sur les causes du dysfonctionnement de l'écosystème ou tout du moins de l'accélération de sa dynamique (atterrissement*, croissance végétale) :

- dysfonctionnement de la dynamique fluviale (enfonce-ment du lit, diminution de la dynamique latérale)^{M3},
- prélèvements excessifs^{M2},
- abandon des activités agricoles traditionnelles^{M8}.

Il y a de fortes chances pour que les actions entreprises au niveau de l'écosystème conduisent à un échec si les conditions à l'échelle de l'hydrosystème ne sont pas résolues. Ainsi, il s'agit d'abord de restaurer les conditions hydriques de la zone humide (recréation de l'espace de liberté^{A1}, reméandrement^{A2}, gestion intégrée du lit mineur^{A3}, réhumidification par des chenaux, relèvement du niveau de la nappe^{M6}...) ou de favoriser le retour de certaines pratiques traditionnelles (mesures agri-environnementales^{A11}...).

Dans le cas de la prolifération d'espèces indésirables^{M9} (plantes exotiques, moustiques...), il est utile de s'interroger sur leur provenance, et notamment de connaître avec précision les conditions favorables à leur prolifération (sols dénudés et remaniés, eaux stagnantes, augmentation de la température ou du degré de trophie...).

PUIS TRAITER LES CONSÉQUENCES

Le contrôle de la végétation

Les moyens actuels les plus couramment utilisés, pour éviter un envahissement progressif des prairies humides et marais par les arbustes ou les héliophytes sont l'utilisation du pâturage extensif^{A22} ou de la fauche/débroussaillage^{A23}. Le feu^{A24} était utilisé essentiellement en hiver, par temps de gel et en présence d'un vent assez fort. Ce moyen de gestion qui reste exceptionnel, probablement en raison de son contrôle difficile et de ses incidences écologiques parfois catastrophiques, permet cependant une bonne exportation de la matière organique végétale. Son utilisation mériterait d'être étudiée plus finement.

Le choix entre ces différents modes de gestion doit reposer sur une analyse et une comparaison de leur efficacité ou rentabilité écologique par rapport au contexte du site, leur durabilité, leur rentabilité économique (meilleur rapport coût/bénéfice) et l'image qu'ils revêtent par rapport aux usagers de la zone humide (intégration sociale).

Le contrôle des espèces animales exotiques





	Pâturage extensif	Fauche mécanique
Aspects économiques et humains	Investissement initial souvent lourd (animaux et infrastructures) Nécessité de suivis réguliers (zootechnie, matériels) impliquant du personnel Possibilités de vente d'animaux	Matériels coûteux mais possibilité de sous-traitance Intervention ponctuelle nécessitant peu de moyens humains Débouchés des produits de fauche limités
Modalités d'intervention	Intervention diffuse dans le temps et l'espace Intégration des herbivores à l'écosystème géré (gestion « naturelle » du milieu)	Intervention mécanisée, ponctuelle mais brutale Pénétration d'engins pouvant être traumatisante pour le milieu
Maîtrise de l'outil de gestion	Mode de gestion souvent aléatoire : formation de refus, surconsommation de certaines espèces, secteurs sous - ou surexploités, sur-piétinements	Outil très maîtrisable si indépendance totale par rapport aux choix des périodes et des fréquences de fauche.
Avantages et limites	Gestion possible de milieux « difficiles » (pentus, très engorgés...) Faible capacité des animaux à éliminer les ligneux	Nécessité d'avoir des sites relativement peu engorgés ou de faucher en été Outil puissant pouvant restaurer des milieux très envahis par les ligneux

Comparaison de quelques caractéristiques de la fauche et du pâturage (adapté d'après Dupieux, 1998)

Un projet avorté

Le Gros-banc, situé au cœur de l'estuaire de l'Orne sur le littoral bas-normand, est un marais salé à vocation de réserve ornithologique. Sa pérennité est remise en cause par une dynamique végétale très rapide qui diminue les possibilités d'accueil. Dysfonctionnement hydrique et érosion du cordon dunaire d'origine naturelle sont les principales menaces. A cela viennent s'ajouter deux éléments importants : l'absence de la maîtrise de la gestion du niveau de l'eau et un risque d'envahissement par la mer d'ici dix ans. Un projet de pâturage extensif a été envisagé mais sur la base d'une étude préalable, il ressort qu'il est difficile d'envisager un système pérenne d'une telle gestion en regard des menaces qui pèsent sur ce site.

Il existe différentes approches utilisant des moyens physiques, chimiques ou biologiques. Il s'agit parfois de trouver un équilibre entre l'élimination des espèces-cibles et le respect de l'environnement. Les recherches s'intensifient pour trouver des moyens de lutte efficaces et respectueux de la qualité de l'eau et des autres organismes vivants.

POUR EN SAVOIR PLUS

VOIR FICHES CORRESPONDANTES

Fiche actions : A1, A2, A3, A8, A22, A23, A24, A28, A29, A31

BIBLIOGRAPHIE

Actes de Colloque 1997. Les introductions d'espèces dans les milieux aquatiques continentaux en métropole. Enjeux, conséquences et recommandations. Bull. Fr. Pêche Pisciculture, 344-345, 516 p.

Anonyme, 1996. Forum des gestionnaires. La gestion des milieux herbacés. Une exigence croissante pour la protection de la nature. Espaces Naturels de France - Réserves naturelles de France - Ministère de l'Environnement, 102 p. Actes de colloque du 31 mars 1995.

Dupieux N., 1998. La gestion conservatoire des tourbières de France. Premiers éléments scientifiques et techniques. Espaces Naturels de France, programme Life « Tourbière de France », 244 p.





RENATURER LES TERRAINS DÉGRADÉS



De nombreuses zones humides ont fait l'objet de travaux lourds, dégradant non seulement la végétation, mais aussi les sols et le système hydraulique : aménagements fluviaux, remblais, carrières...

Dans certains cas, il est possible de restaurer ces espaces, parfois en y recréant des zones humides fonctionnelles.

OBJECTIFS

Les objectifs d'une opération de ce type résultent de l'analyse de différents critères :

- gravité de la dégradation,
- fonctions que l'on souhaite rendre à l'espace,
- type d'habitat que l'on souhaite obtenir (retour à la situation avant dégradation ou création d'un nouveau milieu).

Lorsque l'enjeu représenté par la zone humide est fort ou lorsque la dégradation est limitée, l'objectif sera de rendre au site l'ensemble de ses fonctions.

Dans des cas plus difficiles, on se « contentera » de redonner une place à la nature au sein d'un système artificiel (restauration des berges de canaux...).

Dans certaines situations, il est possible de recréer une zone humide fonctionnelle à partir d'un milieu artificiel (renaturation).

Quelques définitions

Restauration : contrôle ou arrêt de la perturbation à l'origine de la dégradation.

Renaturation : modification de l'ensemble des paramètres du milieu, visant à rendre à un site très artificialisé un caractère naturel, même éloigné de sa situation d'origine.

Rajeunissement : modification du milieu visant à le ramener à un stade antérieur de son évolution spontanée (par exemple passage de la forêt à la prairie).

Réaffectation : transformation de l'écosystème visant à lui affecter un nouvel usage.

PRINCIPES

La restauration d'un espace peut être basée sur différents niveaux d'action.

RESTAURER LE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

La renaturation la plus complète est celle qui permet à la zone humide de fonctionner normalement sur le plan des mécanismes de régénération, de l'alimentation en eau, des

fluctuations de niveaux, des inondations^{A14}...

Le long des cours d'eau, une renaturation réelle repose sur le retour de la dynamique fluviale, et notamment de la mise en place de :

- espace de liberté^{A1};
- reméandrage^{A2}.

Par ailleurs ce type d'espace peut connaître des problèmes de pollution des eaux^{A15} ou des sols qu'il est nécessaire de contrôler avant toute renaturation plus générale.

DONNER À LA VÉGÉTATION LES CONDITIONS D'UN DÉVELOPPEMENT CORRECT

Un deuxième niveau de renaturation, plus local, consiste à restaurer la topographie et les sols du site, de façon à permettre à la végétation de recoloniser le site dans de bonnes conditions.

principes généraux (fiche végétalisation des terrains remaniés^{A7}) :

- augmenter les surfaces de contact entre terre et eau,
- décompacter les sols,
- enrichir en terre végétale.

Ces principes doivent être utilisés de façon raisonnée et non systématique.

Il existe des cas particuliers importants :

- réaménagement de gravières^{A16},
- aménagement des berges de plans d'eau^{A17},
- restauration de la végétation des berges des canaux et retenues^{A19},



Photo: J. Méhret

Dans certains cas, des sites artificialisés peuvent être transformés en zone humide (Marais d'Arjanx).





CONTRÔLER LA DYNAMIQUE DE LA VÉGÉTATION

Après avoir restauré la structure du site, il est nécessaire de contrôler la dynamique de la végétation⁵⁹⁷. En effet, les terrains profondément artificialisés et remaniés sont souvent colonisés spontanément par une végétation peu intéressante, souvent constituée d'espèces exotiques indésirables.

Lutte contre les espèces invasives⁶²⁸

Cette lutte repose largement sur la prévention, en tentant de ralentir l'arrivée des espèces indésirables (semis préventif...); les méthodes curatives sont utiles, mais d'une efficacité mitigée (destruction mécanique ou chimique...).

Dans le cas d'une dégradation portant seulement sur la végétation, la restauration peut être simple (laisser faire la nature) ou plus lourde (semis, coupe de rejets...):

- renaturation de boisements artificialisés^{A25},
- renaturation de terres agricoles^{A26}.

PRÉVOIR LA GESTION DES MILIEUX RECRÉÉS

Les zones humides issues de renaturation possèdent rarement les mécanismes permettant leur régénération (crues...). Elles doivent donc généralement faire l'objet d'une gestion destinée à éviter leur atterrissement*, ou la banalisation de leur végétation par boisement.

Éviter l'atterrissement* :

- entretien des étangs^{A18}.

Éviter un boisement uniforme, à l'aide de :

- pastoralisme^{A22},
- gestion des ligneux^{A23}.

AMÉLIORER LE STATUT SOCIAL DES ESPACES

Les sites remaniés possèdent souvent une mauvaise image auprès du public; cette situation se traduit par des activités humaines indésirables (décharges, sports mécaniques...). Il est important d'accompagner la restauration de l'écosystème par des actions d'ordre paysager (végétalisation, nettoyage...) et par une information du public faisant comprendre l'intérêt du site et des travaux entrepris^{A33}.

Enfin, les sites réaménagés font souvent l'objet d'une fréquentation qui peut remettre en cause leur intérêt écologique; il est souhaitable de contrôler cette activité^{A32}.

Le programme « Recréer la nature »

Ce programme national regroupe 20 projets de recherche sur la restauration d'écosystèmes dégradés. De très nombreuses problématiques sont abordées : reconstitution de prairies, tourbières, roselières, réhabilitation de gravières, gestion des emprises d'infrastructures...

Ce programme, en voie d'achèvement, fera l'objet d'une large diffusion des connaissances.

Renseignements : Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement,

Association Française des Ingénieurs Écologues (chargée de la valorisation des acquis du programme).

POUR EN SAVOIR PLUS

VOIR FICHES CORRESPONDANTES

Fiche actions : A1, A2, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A19, A22, A23, A25, A26, A27, A32, A33

ADRESSES UTILES

AFIE, Association Française des ingénieurs Écologues, 61-63 rue Hallé, 75014 Paris. Tél. : 0153910615, fax : 0145385421

BIBLIOGRAPHIE

Collectif, 1993. La réhabilitation écologique et paysagère des milieux dégradés. Association Française des Ingénieurs Écologues, 81 p.

Collectif, 1994. Territoires dégradés, quelles solutions? Trente trois expériences de génie écologique pour valoriser les espaces abandonnés ou menacés. Fondation de France, Paris, 116 p.

Collectif, 1994. Recréer la nature. Réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes. Colloque du marais d'Orx.

ÉTUDES DE CAS

K11 : Gravières de la Bassée

A40 : Mine de lignite d'Arjusax





DES ACTIONS À METTRE EN ŒUVRE

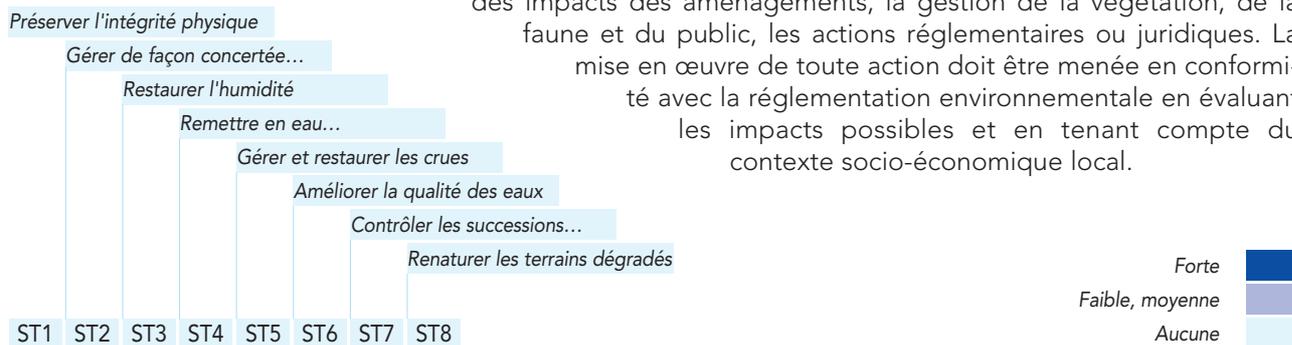
SOMMAIRE

A1	PRÉSERVATION DE L'ESPACE DE LIBERTÉ DES COURS D'EAU
A2	REMÉANDRAGE
A3	GESTION INTÉGRÉE DU LIT MINEUR
A4	GESTION DES EMBÂCLES
A5	RELÈVEMENT DES DÉBITS RÉSERVÉS
A6	SEUIL EN RIVIÈRE
A7	FERMETURE DE DRAINS DANS LES MARAIS ET TOURBIÈRES
A8	RELÈVEMENT DE LA NAPPE
A9	LIMITATION, GESTION DES POMPAGES
A10	RÉALIMENTATION GRAVITAIRE D'ANNEXES FLUVIALES
A11	RECREUSEMENT DE BRAS FLUVIAUX
A12	DÉCOLMATAGE DES FONDS ET DES BERGES DES ANNEXES FLUVIALES
A13	CRÉATION DE VASIÈRES LITTORALES
A14	RESTAURATION DU LIT MAJEUR
A15	GESTION DES REJETS
A16	RÉAMÉNAGEMENT DES CARRIÈRES EN EAU
A17	PROFILAGE DES BERGES D'ÉTANGS OU PLANS D'EAU
A18	ENTRETIEN ET CURAGE DES ÉTANGS
A19	RESTAURATION DES BERGES DES CANAUX ET RETENUES
A20	BASSINS DE RÉTENTION DES CRUES
A21	MISE EN PLACE DE DISPOSITIFS ENHERBÉS
A22	GESTION DES ZONES HUMIDES ET PÂTURAGE EXTENSIF
A23	FAUCHE MÉCANIQUE ET DÉBROUSSAILLAGE
A24	GESTION DES ROSELIÈRES
A25	RENATURATION DES BOISEMENTS ARTIFICIELS
A26	RENATURATION DE TERRES CULTIVÉES
A27	VÉGÉTALISATION DES TERRAINS REMANIÉS
A28	LUTTE CONTRE LES ESPÈCES EXOTIQUES
A29	GESTION RAISONNÉE DE LA DÉMOUSTICATION
A30	PROTECTION JURIDIQUE DES ZONES HUMIDES
A31	MESURES AGRI-ENVIRONNEMENTALES (CTE)
A32	GESTION DE LA FRÉQUENTATION
A33	SIGNALÉTIQUE

QUITTER



En fonction d'une stratégie donnée, divers types d'actions peuvent être menés portant sur la dynamique des cours d'eau, la gestion de l'eau, l'atténuation des impacts des aménagements, la gestion de la végétation, de la faune et du public, les actions réglementaires ou juridiques. La mise en œuvre de toute action doit être menée en conformité avec la réglementation environnementale en évaluant les impacts possibles et en tenant compte du contexte socio-économique local.



Stratégie	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	
ST1																																		
ST2																																		
ST3																																		
ST4																																		
ST5																																		
ST6																																		
ST7																																		
ST8																																		



PRÉSERVATION DE L'ESPACE DE LIBERTÉ DES COURS D'EAU



L'espace de liberté des cours d'eau est « l'espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales pour permettre une mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres » (SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée-Corse).

Il s'agit donc de l'espace où les acteurs de la gestion de l'espace acceptent, voire favorisent la dynamique fluviale naturelle (érosions, dépôts...)⁴.



L'érosion des berges est importante pour l'équilibre de la rivière (Allier).

OBJECTIFS

La préservation de l'espace de liberté des cours d'eau constitue une mesure fondamentale pour le maintien des fonctions des zones humides fluviales :

- patrimoine naturel⁵ : pérennité des groupements végétaux liés aux phénomènes d'érosion et dépôts (successions végétales);
- eaux souterraines⁶ : la dégradation de la dynamique se traduit par l'incision⁷, et donc par la diminution quantitative de la ressource en eau souterraine;
- expansion des crues⁸ : la stabilisation des cours d'eau se traduit généralement par une diminution du rôle d'écrêtement des zones humides annexes.

L'objectif du gestionnaire peut présenter deux niveaux :

- action préventive : interdire les travaux qui réduiraient les possibilités de divagations⁹;
- action curative : favoriser l'érosion des berges.

MISE EN ŒUVRE

DÉLIMITER L'ESPACE DE LIBERTÉ

Dans toutes les rivières dont les divagations représentent un enjeu fort (rivières à dynamique très active), il est souhaitable

de cartographier l'espace de liberté. La méthodologie à suivre a été décrite en détail (EPTEAU, Malvoi 1998); il est possible d'en présenter schématiquement les étapes principales :

• Délimitation de l'espace de mobilité du cours d'eau

Il s'agit de définir l'espace qui pourrait être repris par l'érosion. Plusieurs approches complémentaires sont possibles :

- espace de mobilité maximale : alluvions modernes;
- estimation à partir de la géométrie du cours d'eau (amplitude des méandres...);
- surfaces nécessaires pour fournir à la rivière des sédiments correspondant à la capacité de transport de la rivière (analyse à partir de la granulométrie des alluvions, de la pente et du débit du cours d'eau...);
- espace de divagation historique (à partir de cartes anciennes, pour les 150 dernières années);
- zones d'érosion : terrains érodables à 50 ans : extrapolation sur les 50 prochaines années de l'évolution constatée au cours des 20 à 50 dernières années, en tenant compte des protections de berges.

• Prise en compte des contraintes liées aux activités humaines

A ce stade, il est nécessaire de bien identifier les enjeux majeurs (zones urbanisées, gravières de gros volume), où l'érosion ne pourra pas être acceptée. Les activités à enjeux moindres pourraient accepter l'érosion (petite gravière, puits de captage pouvant être déplacés...).

• Délimitation d'un espace de gestion

En confrontant l'espace de mobilité du cours d'eau avec les activités humaines, il est possible de cartographier les surfaces où la collectivité entend permettre la poursuite naturelle de la dynamique fluviale, de façon préventive ou curative.

Cet espace résulte généralement d'une concertation avec les acteurs locaux.

PROTÉGER L'ESPACE DE LIBERTÉ

Dans l'espace de liberté retenu, il convient de laisser se dérouler la dynamique fluviale.

Protections de berge contre les érosions

Ces interventions doivent être proscrites dans l'espace de liberté. De ce point de vue, il faut remarquer que les protections végétales jouent le même rôle que les confortements en dur, c'est-à-dire qu'elles figent les berges.

Grands ouvrages

Si un grand ouvrage doit passer dans ou près de l'espace de liberté, sa conception doit prendre en compte les besoins de la dynamique fluviale :





- implanter les ouvrages sensibles le plus loin possible de la rivière,
- réaliser des ponts les plus larges possibles, de façon à permettre de conserver une divagation,
- ne pas accompagner les travaux par des coupures de méandres et autres stabilisations de berge sur une grande longueur.

Gravières

Aucune gravière nouvelle ne doit être autorisée dans cet espace.

Pour les gravières existantes, deux situations sont possibles. Les gravières de gros volumes risquent de devenir des pièges à sédiments provoquant l'incision du cours d'eau; elles doivent donc être protégées contre l'érosion. Les petites gravières ne doivent pas être protégées si leur capture ne poserait pas de problème d'incision, voire permettrait une mobilisation d'un volume important de matériaux.

Captages

Les captages en eau potable situés en zones érodables justifient souvent des protections de berges. Pourtant, il est parfois moins coûteux de déplacer le captage et d'accepter l'érosion, bénéfique pour le cours d'eau (recharge du débit solide...).

Contrôle du foncier des zones menacées d'érosion

Dans le même esprit, il est parfois possible d'acquérir les terrains situés en zones d'érosion afin d'éviter toute volonté de protection de la part des propriétaires. Ce type de mesure est souvent difficile à faire accepter socialement, et il est sans doute plus facile d'envisager des actions conventionnelles : mesures agri-environnementales...

Le Val d'Allier^{es}

Les promoteurs du projet Loire Nature ont mené une politique d'acquisition de milieux naturels, choisis en fonction de leur intérêt écologique ou des possibilités d'érosion des berges. Cette action vient compléter la réserve naturelle qui protège 1450 ha du Domaine Public Fluvial de cette rivière mobile, à l'amont de Moulins (03).

Porteurs de projet : Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne, Ligue pour la Protection des Oiseaux d'Auvergne.

RESTAURER L'ESPACE DE LIBERTÉ

Une politique plus ambitieuse peut viser à rendre à la rivière des surfaces qui n'étaient plus accessibles à l'érosion (Couvert et al. 1999) :

- **Enlèvement de protections de berges** : enrochements...
- **Gestion de la végétation du lit** visant à favoriser la mobilité du lit : essartement à proximité des berges, irrégularité spatiale des interventions, maintien d'îles boisées au milieu du lit...
- **Déstabilisation des bancs** fixés par la végétation, afin d'y favoriser l'érosion :
 - dessouchage après essartement des zones à déstabiliser,
 - scarification : griffage de surface destiné à rompre la couche consolidée de surface,
 - labourage : retournement de la partie supérieure du banc,
 - ouverture de bras creusés dans les bancs.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Couvert (B.), Lefort (P.), Peiry (J-L), Belledeudy (P.), 1999. La gestion des rivières. Transport solide et atterrissement*. Guide méthodologique. Guides des Agences de l'Eau n° 65, 92 p.

EPTEAU, Malavoi (J.R.), 1998. Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau. Bassin Rhône-Méditerranée Corse, Guide technique du SDAGE RMC n° 2. 39 p.

ÉTUDES DE CAS

K 5 : Val d'Allier

K 10 : Vallée alluviale de la Moselle

AUTRES RÉFÉRENCES

Drôme : actions de réactivation de la dynamique latérale. District d'Aménagement du Val de Drôme, BP 331, 26402 Crest CEDEX, Tél. : 0475254382, Fax : 0475254496.





REMÉANDRAGE



Le méandrage de certaines rivières est un moyen naturel de dissiper leur énergie en excès en allongeant leur tracé et en réduisant leur pente.

Il s'agit de méandres dits « libres », par opposition aux méandres encaissés, imposés par le relief.

Le reméandrage consiste à recréer artificiellement ce fonctionnement naturel, parfois altéré par l'action de l'homme.

OBJECTIFS

L'objet d'une telle intervention est multiple puisqu'elle vise :

- à atténuer les impacts liés à l'incision du lit^{vs} (baisse de la nappe, baisse de la superficie des zones inondées, accélération des débits...),
- à ralentir la dynamique des eaux permettant de réduire l'onde de crue à l'aval,
- à allonger le linéaire du cours d'eau et donc à multiplier les contacts entre terre et eau (écotone*), lieux possibles d'épuration,
- à retrouver une diversité d'habitats pour les poissons qui est beaucoup plus importante dans les cours d'eau à méandres que dans les cours d'eau rectilignes.



La rivière Druegon après reméandrage

LIMITES

En aucun cas, il ne faut favoriser le méandrage sur des rivières qui ne l'étaient pas naturellement.

MISE EN ŒUVRE

La démarche portera successivement sur :

- une analyse historique de l'évolution des méandres avant les travaux, en se basant sur des cartes anciennes (cadastre notamment), ou des photographies aériennes,
- une caractérisation du type des méandres, une estimation de leurs vitesses et direction de déplacement antérieurement aux travaux,
- une analyse de l'impact des travaux sur le fonctionnement de la rivière et notamment la valeur de l'incision, car le cours d'eau n'a plus forcément aujourd'hui la même capacité à méandrer que dans le passé,
- une analyse de la puissance spécifique du cours d'eau, afin de déterminer sa capacité d'autoajustement.

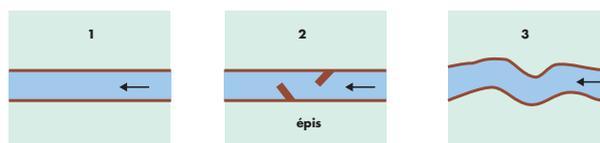
Il s'agit de prendre en compte la capacité du cours d'eau à retrouver son tracé initial et d'estimer la vitesse de mouvement.

UNE APPROCHE DYNAMIQUE : FAVORISER L'ÉROSION

Si « l'autoajustement » est possible à court terme (rivière à dynamique latérale active et à forte énergie), il conviendra de favoriser l'érosion de berge en atténuant leur résistance (intervention notamment sur la végétation).

Si l'incision a été importante, un cours d'eau en théorie capable de s'autoajuster ne pourra le faire à court terme.

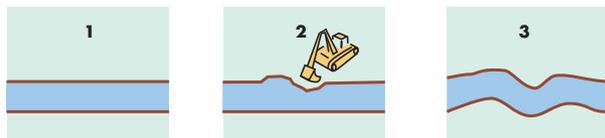
Aussi est-il alors nécessaire de prévoir des seuils afin de favoriser une dissipation horizontale, et non plus verticale de l'énergie.



UNE APPROCHE STATIQUE : REMODELER MÉCANIQUEMENT

Si « l'autoajustement » est impossible, il conviendra en revanche de remodeler mécaniquement les méandres et combler l'ancien canal rectiligne.





MESURES COMPLÉMENTAIRES

Les secteurs menacés par une érosion trop importante peuvent être protégés par des techniques végétales (cf. Lachat, 1994. Guide de protection des berges en techniques végétales).

Lors de travaux réalisés sur la Seille affluent de la Saône, le projet adopté a consisté à conserver le lit actuel de la rivière et à réutiliser le lit ancien abandonné envahi par les arbres de fort diamètre et des broussailles. Le chenal formé par le lit ancien est nettoyé et remis en eau avec un seuil partiteur à l'amont.

Une telle action est écologiquement bénéfique mais elle augmente localement les conséquences de la crue. Elle nécessite d'accepter l'érosion possible et donc de prendre en compte le statut de propriété des terrains riverains. Elle est par conséquent impossible à mettre en œuvre dans les zones urbanisées.

Le statut de propriété est donc à déterminer avec précision.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrage collectif, 1996. Aménagement et gestion des rivières, Cahier technique du GRAIE.

Cemagref Lyon, 1994. Quelques réflexions générales en matière d'entretien et restauration de cours d'eau.

ÉTUDES DE CAS

K2 : Vallée du Druegon.





GESTION INTÉGRÉE DU LIT MINEUR

DÉFINITION

Les lits mineurs^{2H3} des cours d'eau font souvent l'objet de travaux « d'entretien » ou de restauration visant à assurer l'écoulement des eaux de crues : coupes de la végétation, enlèvement de sédiments, enlèvement d'embâcles^{M3}...

Ces travaux peuvent entraîner des impacts négatifs sur le milieu naturel, voire les autres fonctions de l'hydrosystème. Il est possible et souhaitable de concevoir ces travaux de la façon la plus globale possible, de façon à respecter au mieux l'hydrosystème et la ressource en eau.

OBJECTIFS

La motivation principale de tels travaux est souvent l'abaissement des lignes d'eau en crue pour éviter l'inondation de zones habitées ou cultivées. Cette approche peut avoir des conséquences négatives : risque d'aggravation des pics de crue à l'aval, banalisation des habitats naturels...

Au total, la gestion doit être adaptée aux conditions locales, tant en matière de sensibilité aux inondations qu'en matière de qualité de l'écosystème.

Principes de gestion de la végétation des berges

Situation du site	Objectifs	Actions
Au niveau d'une zone habitée ou d'autres équipements sensibles	Favoriser l'écoulement pour limiter les inondations	Enlèvement de végétaux, voire de sédiments (si exhaussement fort)
	Limiter les érosions des berges	Enlèvement ciblé des végétaux risquant de provoquer des érosions
En amont d'une zone habitée	Freiner l'écoulement pour protéger la zone habitée	Pas ou peu d'intervention
En amont d'une zone habitée (torrents)	Éviter le risque de rupture brutale de barrage de bois (onde de crue possible)	Enlèvement des bois risquant de former des barrages
En amont d'un pont	Éviter la formation d'un embâcle* de bois	Enlèvement des arbres morts risquant de former embâcle*

Inspiré de Boyer 1998

PRINCIPES

Nous fournissons ici quelques éléments pour une meilleure intégration environnementale de travaux qui se seraient avérés indispensables.

GESTION DE LA VÉGÉTATION

Les grèves des lits majeurs sont souvent colonisées par une végétation arbustive ou arborescente. Il peut être justifié de supprimer cette végétation afin d'abaisser les lignes d'eau en crue. Cette opération peut être réalisée manuellement pour les faibles surfaces, mécaniquement (bulldozer ou pelle mécanique) pour les espaces plus vastes.

De tels travaux demandent une attention particulière : préservation de la végétation herbacée des berges, choix de la saison (éviter le printemps), brûlage des végétaux coupés dans des zones peu fragiles...

L'utilisation de phytocides doit être généralement proscrite; elle peut éventuellement être acceptée lorsqu'il est nécessaire de dévégétaliser de grandes surfaces peu sensibles écologiquement. D'importantes précautions doivent être prises dans le choix des produits et leur utilisation (Bacchi et Berton 1996).

Dans certains cas, il peut être souhaitable de réaliser la scarification des bancs de sédiments pour faciliter leur retour dans le débit solide de la rivière, contribuant à limiter l'incision.

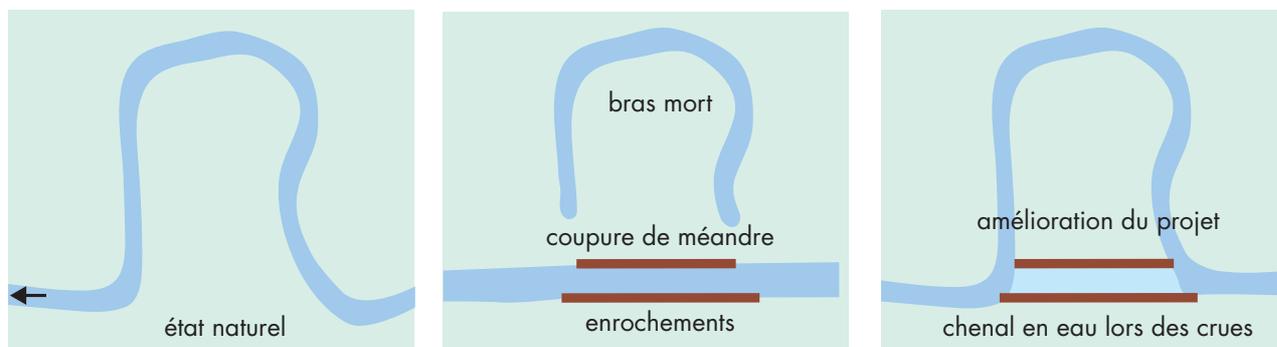
La gestion des embâcles est traitée dans une fiche spécifique^{M4}.

ENLÈVEMENT DE SÉDIMENTS

Dans de rares cas, une accumulation de sédiments dans le lit mineur peut relever la ligne d'eau en crue, provoquant l'aggravation des inondations dans une zone urbanisée.

L'enlèvement de ces sédiments peut être autorisé, à condition de s'assurer du bien-fondé de cette mesure (décret 93-743 du 29 mars 1993). En général, il est souhaitable de ne pas évacuer les matériaux hors du lit, mais de les déplacer à l'aval, dans un secteur où un relèvement de la ligne d'eau ne poserait pas de problème. Cette précaution est importante pour éviter l'incision du cours d'eau.

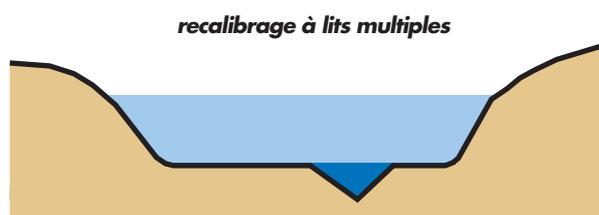
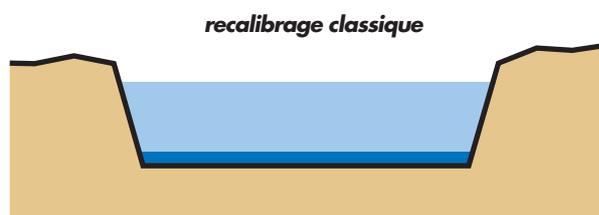
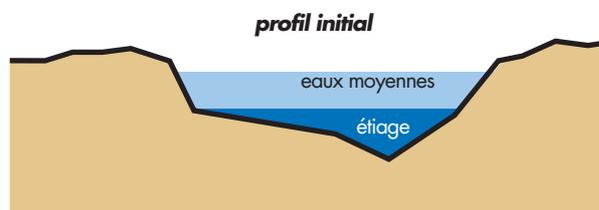




CRÉATION DE CHENAL DE CRUE

L'abaissement des lignes d'eau en crue justifie parfois la coupure d'un méandre. Cette mesure est très négative en matière environnementale : risque d'incision du lit par augmentation de la pente, uniformisation du milieu aquatique, dégradation de la partie court-circuitée de la rivière.

Afin de limiter partiellement ces problèmes, il est possible de créer un chenal qui n'est mis en eau que lors des crues.



RECALIBRAGE

Le recalibrage vise à augmenter la capacité hydraulique du cours d'eau et donc à diminuer le temps de transit des crues et les débordements. Ces travaux provoquent souvent une banalisation considérable de la rivière. Ils peuvent être conçus de façon à conserver une certaine diversité de milieux : conservation de berges en pentes douces, maintien d'embâcles*... La réalisation d'un chenal d'étiage dans un lit recalibré permet de maintenir une profondeur correcte pour la vie piscicole dans le cours d'eau.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Bacchi (M.), Berton (J-P), 1996. Entretien du lit de la Loire. Guide méthodologique. Équipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature.

Boyer (M.), 1998. La gestion des boisements de rivières. 2 fascicules. Guide technique du SDAGE RMC n° 1.

CEMAGREF, 1998. Guide pratique de la méthode d'inondabilité. Collection des études interagences de l'eau.

Couvert (B.), Lefort (P.), PEIRY (J-L), Belledeudy (P), 1999. La gestion des rivières. Transport solide et atterrissement*. Guide méthodologique. Guides des Agences de l'Eau n° 65, 92 p.

Michelot (J.-L.), Malavoi (J.R.), 1999. Travaux post-crues, bien analyser pour mieux agir. GRAIE/Région Rhône-Alpes, DIREN Rhône-Alpes, Agence de l'eau RMC, 24P.

Rivière Environnement, 1994. L'entretien régulier des rivières. Guide technique. Agence de l'eau Adour-Garonne. 88 p.





GESTION DES EMBÂCLES

Les embâcles* sont un ensemble d'objets qui s'amoncellent dans le lit d'un cours d'eau ou d'annexes fluviales et qui constituent des obstacles à l'écoulement des eaux, allant jusqu'à former un bouchon : tas de branches, arbres tombés, objets divers... L'obstruction qui en résulte influe sur le fonctionnement hydraulique.

OBJECTIFS

Les embâcles peuvent être à l'origine de dégâts de crue importants lorsqu'ils se bloquent sur les ouvrages ou obstruent les voies d'écoulement des ponts. Ils peuvent également jouer un rôle utile tant sur le plan hydraulique que biologique, et donc sur le plan paysager. Avant toute intervention, un diagnostic permet de définir les opérations à entreprendre et donc de sélectionner les embâcles à retirer afin d'éviter un « enlèvement » radical préjudiciable.

MISE EN ŒUVRE

Le tableau en bas de page présente la démarche à suivre. L'enlèvement des embâcles peut avoir lieu manuellement ou à l'aide d'engins de levage suivant la quantité et le poids des éléments à extraire.

FRÉQUENCE D'INTERVENTION

Un parcours du site tous les ans, lors d'épisodes pluvieux intenses ou après des crues permet de prévenir toute opération lourde à effectuer et de limiter le risque de dégradation irréversible pour le milieu (effondrement des berges, inondations de zones cultivées et urbanisées...).

COÛTS DES OPÉRATIONS

Les coûts d'enlèvements des embâcles peuvent être faibles si les quantités et/ou le poids des éléments à enlever sont faibles. Les coûts peuvent être plus élevés dans le cas où il

QUESTION	INTERVENTION	JUSTIFICATION
1. L'embâcle* est-il d'origine naturelle ?	oui : voir questions suivantes non : élimination systématique	Il constitue une source de pollution potentielle, une dégradation paysagère évidente et incite à utiliser le milieu aquatique comme une décharge.
2. L'embâcle provoque-t-il des phénomènes d'érosion ?	oui : voir question 3 non : voir question 4	
3. L'embâcle se situe-t-il en milieu sensible à l'érosion : présence d'ouvrage, de terres cultivées, d'habitations ?	oui : éliminer l'embâcle non : laisser l'embâcle	En déviant le courant, l'embâcle peut provoquer des attaques de berges voire des effondrements en crue.
4. Les embâcles provoquent-ils une augmentation des phénomènes d'inondations ?	oui : voir question 5 non : voir question 6	
5. La rivière ou l'annexe hydraulique se situe-t-elle dans un milieu peu sensible aux inondations : forêts, prairies humides, pâturages ?	oui : laisser les embâcles non : enlever les embâcles	Les embâcles ralentissent les eaux de crues et permettent un stockage plus important des eaux. Les zones aval connaîtront alors des crues moins importantes (écrêtement). Les embâcles permettent par débordement une submersion des zones humides dites « temporaires » limitrophes (mares, marais, prairies...).Les embâcles gênent l'écoulement des eaux et aggravent les inondations.
6. Les embâcles ralentissent-ils les eaux dans un tronçon de courant rapide ?	oui : laisser les embâcles	Les embâcles peuvent jouer un rôle de seuil et d'épis : ils atténuent les phénomènes d'érosion. Ils perturbent l'écoulement régulier du courant, ce qui est propice à l'autoépuration. Ils peuvent localement augmenter le niveau de la nappe phréatique. Ils constituent aussi un élément de diversification des habitats piscicoles (abris pour les jeunes, nourriture, cache ou poste de chasse pour les carnassiers).

Source : Guide de restauration des rivières, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 1997.





est nécessaire de faire appel à des engins motorisés pour soulever des embâcles* lourds et encombrants (location d'un tracto-pelle, 2500 FHT environ la journée en moyenne). Le traitement des produits extraits notamment dans le cas de déchets, doit être pris en compte dans l'évaluation des travaux.

Ces travaux doivent faire l'objet d'une surveillance dans le cadre de la police de l'eau.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 1997. Guide de restauration des rivières.

Bravard J.-P., 1987. Le Rhône du Léman à Lyon. Ed. La Manufacture, Lyon, 451 pp.

Étude interagences n° 62 janvier, 1999. Limnologie appliquée au traitement des lacs et des plans d'eau.

Piégay H. 1995. Dynamiques et gestion de la ripisylve* de cinq cours d'eau à charge grossière du bassin du Rhône (Ain, Ardèche, Giffre, Ouvèze et Ubaye) XIX et XX^e siècle. Thèse Paris IV Sorbonne, Géographie et Aménagement, 529 p.

Syndicat de l'Orge aval, 1998. Charte d'entretien des milieux humides.





RELÈVEMENT DES DÉBITS RÉSERVÉS

DÉFINITION

Les gestionnaires d'aménagements de cours d'eau (ouvrages hydroélectriques...) sont tenus de laisser dans la rivière un débit réservé (article L 232.5 de la « Loi Pêche » de 1984). Ce débit doit être au minimum fixé à 1/10 du débit moyen de la rivière ou à 1/20 si le module est supérieur à 80 m³/s; le débit réservé n'est pas défini sur le Rhin et le Rhône.

Dans certains cas, il est possible d'obtenir un relèvement de ce débit en faveur du milieu aquatique de la rivière et des zones humides voisines.

OBJECTIFS

Le relèvement d'un débit réservé permet de répondre à plusieurs objectifs :

RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DU LIT MINEUR

Le relèvement du débit a plusieurs conséquences positives :

- augmentation de la profondeur,
- augmentation de la vitesse de l'eau,
- diminution de la température,
- augmentation de l'oxygénation de l'eau.

Il en résulte une amélioration des conditions de vie pour les poissons et les invertébrés liés aux eaux courantes.

RELÈVEMENT DE LA LIGNE D'EAU

Une telle opération peut permettre la mise en eau des zones humides annexes et le relèvement de la nappe phréatique, très important pour les forêts alluviales.

Outre la ressource en eau ou le patrimoine naturel, le paysage peut constituer une motivation de ce type d'action (rendre à la rivière un peu de sa dimension et de son aspect courant).

MISE EN ŒUVRE

CADRE RÉGLEMENTAIRE

La renégociation des débits réservés est généralement menée lors du renouvellement de la concession (plusieurs décennies) donnée par l'État à un producteur d'électricité, ou éventuellement par avenant à une concession en cours.

Le relèvement du débit d'étiage peut être envisagé dans d'autres conditions, de façon conventionnelle ou à la suite d'arrêtés préfectoraux. Ainsi, dans la vallée de la Drôme, un « débit objectif » a été mis en place dans le cadre du SAGE.

Lorsque ce débit est atteint, des restrictions doivent être prises en matière d'irrigation.

Les débits de gestion dans le bassin Adour-Garonne

Le SDAGE du bassin Adour-Garonne propose une approche intéressante de gestion des étiages, basée sur une démarche concertée. Deux types de débits d'étiages sont identifiés :

- Le Débit Objectif d'Étiage (DOE) est le débit pour lequel l'ensemble des usages et fonctions de la rivière sont satisfaits. Les rivières déficitaires sont celles où le débit réel est souvent inférieur au DOE; les nouveaux prélèvements d'eau n'y sont pas autorisés et des économies d'eau doivent être engagées.
- Le Débit de Crise est inférieur au DOE; il déclenche un plan de crise, avec par exemple des interdictions temporaires et graduées des pompes agricoles (arrêtés préfectoraux).

CALCUL DU DÉBIT OPTIMAL

Le choix d'un débit résulte largement de la négociation avec le concessionnaire et de l'équilibre financier de la concession. Deux approches techniques permettent toutefois de fonder ce choix.

La **méthode des micro-habitats** repose sur la modélisation hydraulique d'un cours d'eau, avec analyse de différents débits pour les caractères du cours d'eau (vitesse, hauteur d'eau). Ces données sont croisées avec les préférences de différentes espèces de poissons, ce qui permet de déduire un débit optimal.

L'**analyse des lignes d'eau** permet de savoir si des annexes fluviales seront remises en eau et dans quelle mesure la nappe sera relevée.

Ces méthodes sont généralement fondées sur des modèles mathématiques, mais aussi sur des essais en grandeur réelle.

RÉPARTITION ANNUELLE DES DÉBITS

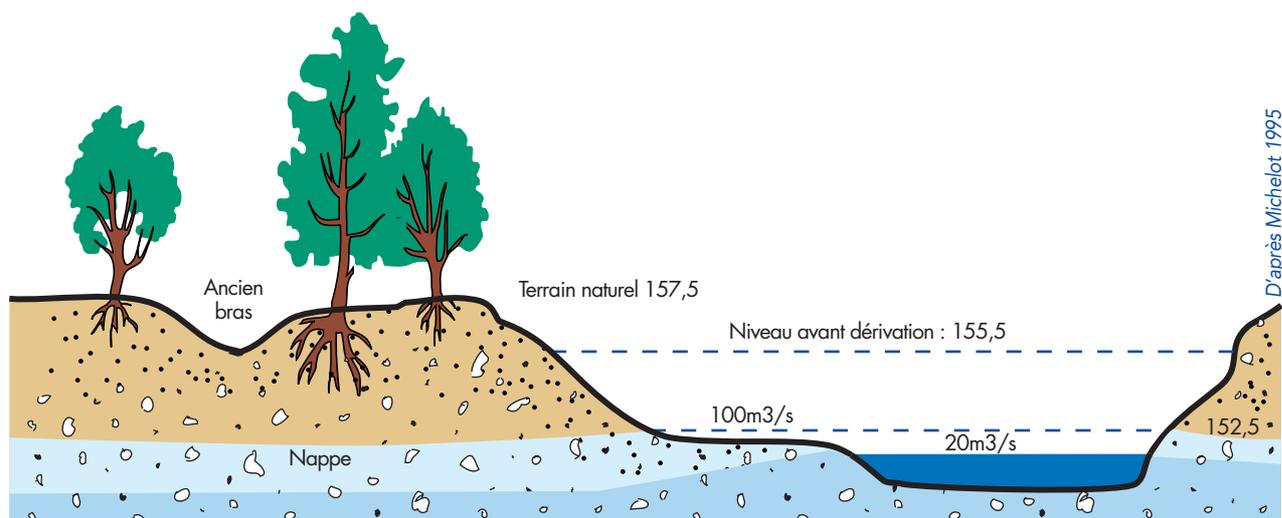
Les débits réservés présentent souvent une répartition simple : une seule valeur tout au long de l'année, éventuellement une valeur basse en hiver et une valeur « haute » en été (besoins de la végétation). Il est possible d'affiner cette approche en adaptant mieux les débits aux besoins de l'hydrosystème (idée de reconstitution d'un « régime réservé »).

A Miribel-Jonage (69, 01), le débit réservé est lié à la situation hydrogéologique : débit de 30 m³/s (sur un débit moyen de 600) en temps normal, débit de 60 m³/s lorsqu'un plan d'eau atteint une courbe de réaction. Celle-ci a été établie en fonction du rythme naturel de fluctuation et d'objectifs de niveaux en matière de ressource en eau potable, de loisirs et de milieux naturels.





le vieux Rhône de Pierre-Bénite



À l'aval de Lyon, le village de Vernaison, cher à Bernard Clavel, avait perdu son fleuve : 10 à 20 m³/s au lieu des 1000 d'avant le barrage ! La municipalité a créé, avec d'autres collectivités concernées, un syndicat mixte, qui a réussi à faire accepter le projet d'un relèvement du débit réservé jusqu'à 100 m³/s, avec le soutien de l'Agence de l'Eau.

Le manque à gagner en matière d'hydroélectricité est compensé par le turbinage du débit réservé.

(Porteur de projet : Syndicat Mixte des Îles, du Rhône et des Lônes).

INTÉRÊTS ET LIMITES DE LA MÉTHODE

Le relèvement de débit réservé présente certains avantages :

- il s'agit d'une méthode « simple » à mettre en œuvre,
- il permet généralement une modification significative de l'hydrobiologie du chenal,
- il entraîne un relèvement de la ligne d'eau tout au long du cours d'eau,
- il n'induit pas d'effets indésirables (contrairement à un seuil par exemple).

Par contre, cette méthode présente certaines limites :

- il s'agit d'une opération très coûteuse (manque à gagner hydroélectrique),
- le relèvement de la ligne d'eau est généralement insuffisant pour modifier fondamentalement l'hydromorphie des zones humides riveraines. Cette méthode doit donc être associée à d'autres (recharge du débit solide, recrussement d'annexes, seuils...).

COÛT

Le relèvement du débit réservé peut être décidé par l'État dans le cadre d'un renouvellement de concession hydroélectrique. Cette situation n'entraîne pas un coût direct, mais un manque à gagner en matière de production hydroélectrique.

Dans d'autres cas, il est possible d'envisager des mesures contractuelles avec les exploitants d'installations hydroélectriques; cette démarche suppose une indemnisation de l'exploitant, très coûteuse.

Le manque à gagner hydroélectrique de telles opérations peut être diminué par le turbinage du débit réservé dans une microcentrale.

A Pierre-Bénite (Rhône), le relèvement du débit réservé de 10-20 m³/s à 100 a entraîné un coût de 100 MF, correspondant à la construction d'une microcentrale.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCE

Site de Pierre-Bénite : SMIRIL, Mairie, 69390 Vernaison. Tél. : 0478460550.

BIBLIOGRAPHIE

CEMAGREF, 1990. Simulation des capacités d'habitat potentiel de poissons. Schéma de vocation piscicole du fleuve Rhône. Délégation de bassin, service de la Navigation Rhône-Saône.





SEUIL EN RIVIÈRE



DÉFINITION

Un seuil est un ouvrage permettant de maintenir et de relever la ligne d'eau d'une rivière.

Différentes techniques peuvent être mises en œuvre :

- enrochements,
- palplanches,
- batardeaux métal ou bois (pour les petits cours d'eau).

OBJECTIFS

Les seuils posent des problèmes importants : envasement amont, obstacle pour les poissons, ralentissement du cours d'eau à l'amont. Dans la mesure du possible, il est même souhaitable de supprimer les seuils existants.

La construction de seuils nouveaux est toutefois justifiée dans certaines situations et en particulier dans les cas où toutes les autres méthodes de blocage de l'enfoncement d'un cours d'eau se sont avérées impossibles à mettre en œuvre. Dans tous les cas, la construction d'un seuil en rivière doit être décidée après études et concertations approfondies, en liaison avec la MISE concernée (Mission Interservices Sur l'Eau).

On peut distinguer :

- les seuils préventifs. Ces ouvrages, également appelés rampes sous-fluviales, sont calés au niveau du fond du lit; ils servent à empêcher l'incision de toucher le tronçon traité.
- les seuils curatifs, situés au dessus du niveau lit, sont réalisés après enfoncement pour retrouver une ligne d'eau plus satisfaisante (relèvement des nappes, remise en eau d'annexes...).

MISE EN ŒUVRE

ÉLABORATION DU PROJET

Les seuils constituent un outil efficace de stabilisation ou de relèvement des lignes d'eau, mais ils artificialisent le fonctionnement de la rivière. Leur mise en œuvre ne doit donc être décidée que si aucune autre technique ne peut être utilisée : recharge du débit solide, relèvement de débit réservé...

Si l'objectif principal n'est pas le relèvement de la ligne d'eau mais l'arrêt de l'incision de la rivière¹⁰, il peut être intéressant de réaliser un pavage de fond, plus neutre pour l'environnement qu'un seuil. Il s'agit de constituer un lit d'alluvions très grossières sur le fond, empêchant toute érosion.

Ce principe prometteur a encore peu été mis en œuvre en France. (Couvert et al. 1999)

Par ailleurs, il est souvent souhaitable d'associer la réalisation de seuils avec d'autres mesures complémentaires.

Un seuil, élément d'un programme d'ensemble : l'île de Miribel-Jonage (69, 01)

Sur ce site, les gestionnaires de l'espace ont fixé des objectifs piézométriques à atteindre en matière d'eau potable, d'écologie et de loisirs. Une modélisation hydrogéologique a permis de déterminer un programme d'actions répondant à ces objectifs :

- **seuil** : relèvement fort et immédiat de la ligne d'eau, mais ponctuel dans l'espace (au droit d'un plan d'eau utilisé pour l'Alimentation en Eau Potable et les loisirs),
- **relèvement du débit réservé¹⁰** : augmentation des vitesses compensant l'effet « seuil », relèvement généralisé de la ligne d'eau,
- **réalimentation gravitaire d'anciens bras¹⁰** : relèvement des nappes dans des secteurs où les mesures précédentes étaient sans effet.



Photo J.-L. Méhner

CONCEPTION DU SEUIL ET LIMITATION DES IMPACTS

Les seuils entraînent des impacts négatifs sur le milieu, qu'il convient de connaître et de limiter.

Compte tenu de ces impacts, les opérations de ce type sont soumises à la réglementation issue de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992. Sont soumis à autorisation (rubrique n° 2.4.0. du décret n° 93-743) : « ouvrages, installations entraînant une différence de niveau de 35 cm, pour le débit moyen annuel, de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation, ou une submersion d'une des rives du cours d'eau ».



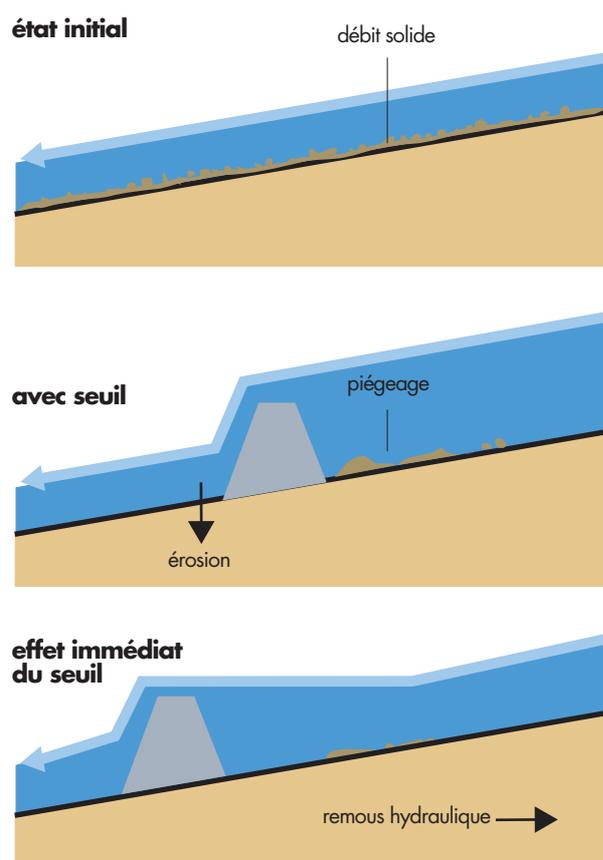
Il convient d'étudier la conception du seuil de façon à en limiter les impacts négatifs.

Seuil et dynamique fluviale

Un seuil provoque un piégeage des sédiments dans sa « retenue ». A l'aval du seuil, la rivière ne possède plus de débit solide grossier; elle risque donc de dépenser son énergie par l'érosion du fond, ce qui limitera l'intérêt hydrogéologique de l'ouvrage, et peut entraîner sa destruction.

Pour diminuer ce risque, il est possible de protéger l'aval du seuil par des protections d'enrochements (cette mesure ne règle que ponctuellement le problème), d'établir le seuil à l'amont d'une zone de stabilité du profil (affleurement rocheux...) ou de recharger le débit solide.

Effet d'un seuil sur le fond de la rivière



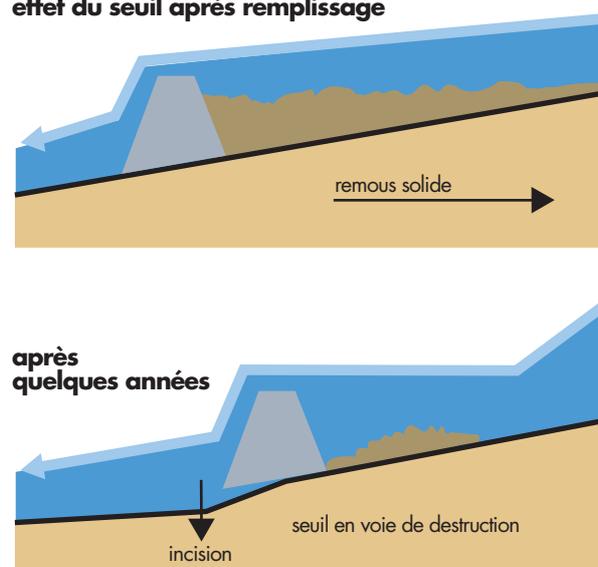
Par ailleurs, un seuil constitue un « point dur » dans la vallée; sa construction empêche les divagations latérales de la rivière, qui risquerait alors de contourner l'ouvrage. Il n'est donc pas acceptable de construire de seuils lorsqu'il est possible de restaurer l'espace de liberté de la rivière⁶¹.

Remous solide et remous liquide

Le remous est la zone où le seuil relève la ligne d'eau. Après la mise en eau du seuil, ce remous correspond au tronçon de rivière dont la ligne d'eau était avant travaux située à une cote inférieure à la cote du seuil.

Au bout d'un certain temps, le relèvement de la ligne d'eau peut s'étendre vers l'amont, parce que des sédiments se déposent à l'amont du seuil, relevant le fond de la rivière. Cette évolution est généralement intéressante. Pour l'accélérer et pour limiter le risque d'érosion à l'aval du seuil, il peut être souhaitable de favoriser l'arrivée de matériaux à l'amont du seuil : aide à l'érosion latérale des berges, déversement de sédiments...

effet du seuil après remplissage



Diminution de la pente

Un seuil entraîne une diminution de la pente du cours d'eau, avec plusieurs conséquences possibles :

- modification des communautés vivantes (raréfaction des espèces d'eau vives),
- dégradation de la qualité de l'eau (réchauffement des eaux, eutrophisation*...),
- colmatage du fond. Sur certains cours d'eau tels que le Var, les retenues des seuils ont vu le dépôt d'importantes quantités de sédiments fins, qui ont colmaté les berges; dans ces conditions, la rivière, perchée, ne joue plus de rôle de recharge de la nappe.

Afin de limiter ces problèmes, il convient de concevoir des seuils de faible hauteur (plusieurs seuils de petite hauteur



SEUIL EN RIVIÈRE



sont préférables à un seul unique de hauteur forte). L'accélération du remous solide (matériaux grossiers) contribue à maintenir une pente forte tout au long du cours d'eau.

Crues

Un autre effet des seuils est le relèvement de la ligne d'eau en crue, pouvant se traduire par une aggravation locale des inondations.

Cet impact peut être compensé par des mesures adaptées : augmentation de la capacité d'écoulement en crue de la rivière (élargissement, enlèvement de végétation⁴³...).

Toutefois, il faut noter que les seuils servent généralement à retrouver les lignes d'eau qui existaient avant incision ; l'aggravation des crues est donc très relative : elle est réelle à l'instant t, mais elle est nulle si l'on compare la situation après seuil à la situation avant incision.

Franchissement par les poissons

Un seuil constitue un obstacle à la circulation des poissons. Pour y remédier peuvent être mises en œuvre plusieurs méthodes :

- passes à poissons à bassins successifs,
- goulotte, passage préférentiel dans le seuil, pouvant également servir de passe à canoë-kayak,
- seuil peu élevé en enrochement, présentant une pente suffisamment faible pour être franchie par les poissons sur toute la largeur de la rivière.

Le choix de la méthode et le dimensionnement des ouvrages doivent être étudiés en fonction du type d'ouvrage et des poissons concernés (dates de reproduction, vitesses permettant la remontée...).

Quelques ordres d'idée de coûts

Le coût d'un seuil peut être extrêmement variable, en particulier en fonction de sa hauteur et de sa largeur.

Quelques exemples de coûts peuvent être indiqués :

- ouvrages rustiques sur petite rivière : 50000 F,
- seuil de 0,9 m sur le Rhône à l'amont de Lyon (100 m de large) : 5 MF,
- seuil de 1,5 m sur la Drôme aux Pues : 10 MF.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Conseil Supérieur de la Pêche, 1994. Passes à poissons. Expertise, conception des ouvrages de franchissement. Collection Mise au Point.

Couvert B., Lefort P., Peiry J.-L., Belledeudy P., 1999.- La gestion des rivières. Transport solide et atterrissement*. Guide méthodologique. Guides des Agences de l'Eau n° 65, 92p.

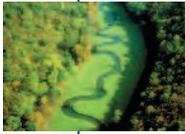
COMPÉTENCES

Conseil Supérieur de la Pêche, 134 avenue Malakoff, 75116 Paris. Tél. : 0145022020, fax : 0145012723.





FERMETURE DE DRAINS DANS LES MARAIS ET TOURBIÈRES



OBJECTIFS

Il s'agit de lutter contre l'assèchement des marais et tourbières* par la fermeture des drains artificiels existants en leur sein. Un niveau d'eau à obtenir sera fixé en fonction des communautés végétales à protéger.

MISE EN ŒUVRE

La fermeture de drains en marais ou tourbières peut s'effectuer :

- par la mise en place de barrages-seuils en série sur les fossés de drainage,
- par le comblement des drains à l'aide de matériaux peu perméables.

Cette fiche présentant ces deux techniques, est une synthèse essentiellement de l'ouvrage de Dupieux (1998). La mise en place de seuil en rivière est traitée dans la fiche action A6.

Plusieurs facteurs interviennent dans le choix de l'une ou l'autre des méthodes.

- les dimensions des drains à bloquer (largeur, profondeur, pente),
- la ressource en matériaux disponibles sur le site.

Il faut définir des objectifs clairs (création de milieux aquatiques, réhumidification du site...) et tenir compte des disponibilités humaines et financières. Certains travaux peuvent potentiellement être dégradants pour le milieu.

Avant toute mise en place d'ouvrage, des précautions doivent être prises en complément :

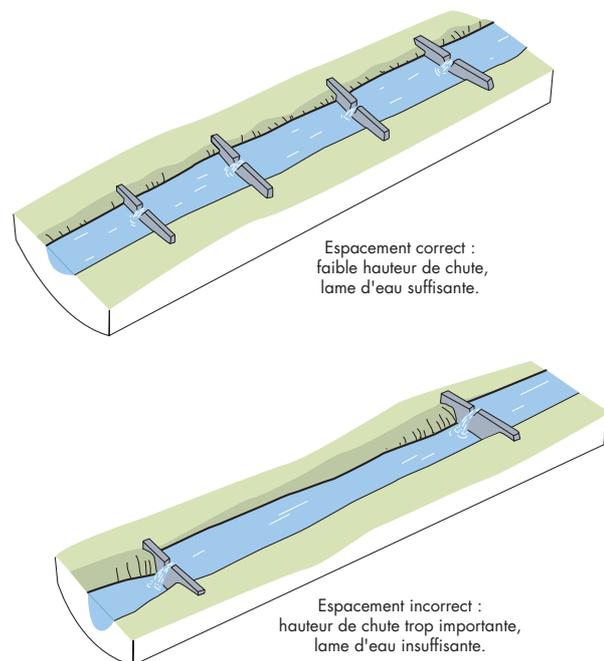
- la mise en place de seuil peut constituer un obstacle plus ou moins important pour les poissons dont il faut évaluer la gravité; le seuil doit être adapté en conséquence (taille du trop plein, fenêtre dans le seuil),
- calculer la nouvelle pente du ruisseau,
- connaître la nature du sol sous le seuil pour éviter les infiltrations et rendre inefficace les dispositifs mis en place.

1. MISE EN PLACE DE BARRAGES SEUILS SUR LES FOSSÉS DE DRAINAGE DANS UN MARAIS OU UNE TOURBIÈRE

La mise en place d'une série de seuils le long d'un fossé de drainage est un moyen efficace de réduire sensiblement son pouvoir drainant, même si celui-ci se maintient dans une certaine mesure. Les seuils agissent comme des barrières hydrauliques : l'eau du fossé se trouve retenue à l'amont de chacun d'entre eux, ce qui permet d'une part, de ralentir son écoulement et d'autre part en rechargeant le

fossé, d'obtenir un rehaussement local de la nappe. De plus, il se crée un chapelet de micro-retenues le long du drain qui peuvent apporter au site un élément intéressant de diversification des habitats.

Espacement des déversoirs *(d'après Dupieux - 1998)*



Pour éviter les fuites et/ou érosion après la mise en place des barrages, il faut veiller à :

- la localisation des ouvrages : éviter les zones asséchées, implantation sur des secteurs à « végétation facile » (pas de secteurs boisés),
- l'espacement : les déversoirs doivent être calés juste au niveau du sol, et l'espacement entre deux seuils doit être le plus faible possible. Rowell (1988) recommande ainsi une hauteur de chute maximale, entre le sommet de l'ouvrage et le niveau d'eau aval du fossé de 30 cm ou de la moitié de la hauteur du seuil,
- l'ancrage : la structure ne devra jamais se limiter à la seule section du fossé de drainage à bloquer, mais devra au contraire s'étendre à la fois en profondeur et de part et d'autre du drain dans chacune des berges,
- la confection des trop-plein et des radiers : le trop-plein doit être calé juste sous le niveau du sol pour obtenir dans le fossé, une lame d'eau à la limite du débordement, permettant un rehaussement optimal du niveau de la nappe.





La protection du fond des drains consiste à mettre en place un radier au pied de l'ouvrage : simples couches de branches, toile géotextile, gabions, rondins de bois, plaques de tôles...

Pour des drains de taille modeste (largeur et profondeur < 1 m avec une pente faible < 2 %), des barrages seuils simples peuvent être mis en place : en panneaux de bois, en rondins de bois ou en planches de bois.

CONFECTION EN PANNEAUX DE BOIS

Un moyen rapide et peu onéreux pour bloquer des drains de taille modeste consiste à utiliser des panneaux de bois (contre-plaqué en pin de qualité « marine ») insérés en travers des drains qui font écran à l'écoulement des eaux, de façon imperméable. Dans le cas de drains profonds à combler, il sera possible d'assembler deux panneaux, en les superposant, et en vissant une planche de contre-plaqué au niveau de leur jointure.

Une fine encoche de la longueur du panneau doit être dégagée dans les parois et le fond du fossé pour faciliter l'enfoncement du panneau. Le panneau est ensuite inséré verticalement puis enfoncé manuellement ou à l'aide du godet d'une pelle mécanique. Les panneaux devront être enfoncés profondément dans le fond du drain et leur bordure supérieure dépasser la surface du sol de quelques centimètres. Un trop plein, calé juste sous le niveau du sol pour évacuer les excédents d'eau pourra être réalisé en sciant simplement une encoche de 6 cm de largeur sur 3 cm de hauteur.

Des micro-barrages efficaces

Sur la tourbière de Bellalay dans le Jura suisse, une lande tourbeuse située au cœur d'un haut-marais, a fait l'objet d'une fermeture de l'ensemble de ses fossés de drainage par la pose de séries de seuils en panneaux de bois avec habillage des ouvrages à l'aide de tourbe. Ce sont ainsi plus de 20 barrages qui ont été mis en place sur une dizaine de drains. A l'amont de chacun, des gouilles ont été surcreusées à l'aide d'une mini-pelle mécanique pour obtenir la tourbe nécessaire au recouvrement des ouvrages et diversifier le milieu par la même occasion. Dès l'année suivante, le niveau de la nappe est revenu à une situation comparable à celle d'un haut-marais; une recolonisation autour de ces 20 micro-barrages par divers insectes aquatiques et des sphaignes aquatiques a été observée.

CONFECTION EN RONDINS DE BOIS

Des seuils réalisés en rondins de bois sont faciles à exécuter et les matériaux (pieux, rondins) peuvent être prélevés directement sur le site (méthode peu onéreuse). La réalisation de ces ouvrages est avantageuse, mais leur étanchéité n'est pas garantie en raison des fuites entre rondins; un bouchon de tourbe entre les deux palissades de rondins de bois ou une bâche imperméable disposée devant une seule palissade de pieux pallie cet inconvénient.

CONFECTION DES BARRAGES-SEUILS EN PLANCHES DE BOIS

Des seuils peuvent être édifiés en insérant des planches de bois en travers du drain, horizontalement, entre deux montants disposés de part et d'autre du fossé. Pour limiter les risques de fuite, les planches de bois peuvent être préalablement travaillées avec un fraisage simple permettant leur emboîtement les unes dans les autres. Il est aussi possible d'étanchéfier l'ouvrage à l'aide d'une bâche et/ou d'un bouchon de tourbe.

Pour des drains de taille ou de pente supérieures, des ouvrages plus résistants aux contraintes hydrauliques sont possibles. Sur un principe semblable au barrage seuil simple, on ajoute un élément stabilisateur.

2. LE COMBLEMENT DES FOSSÉS DE DRAINAGE DANS UN MARAIS OU UNE TOURBIÈRE

Le gommage des drains par comblement à l'aide de matériaux « imperméables » peut constituer une méthode alternative à la mise en place de seuils, dans certains cas où ceux-ci ne peuvent être utilisés (fossé à pente trop forte notamment).

La principale contrainte de cette intervention provient des volumes importants de matériaux nécessaires au comblement qui ne sont pas toujours disponibles sur le site. Cette opération peut nécessiter aussi une importante main d'œuvre.

Le comblement doit s'effectuer de l'amont à l'aval des fossés. Les parois et le fond doivent être préalablement décapés. Le comblement par la tourbe doit être réalisé de préférence à sec pour permettre de la tasser convenablement (fin d'été, en période d'étiage) avec une bêche, un panneau en bois, le godet d'une pelle mécanique. Cette opération est facilitée par la pose d'un panneau de bois en travers du drain à la limite aval du tronçon, pour éviter que la tourbe ne glisse vers l'aval.





FERMETURE DE DRAINS DANS LES MARAIS ET TOURBIÈRES



Si de l'eau se maintient dans le fossé, il est possible de l'évacuer en disposant un panneau de bois à chacune des extrémités du tronçon et par pompage des excès d'eau vers l'aval au moyen d'une pompe hydraulique (nécessite un groupe électrogène). La dernière étape consiste à revégétaliser le fossé ainsi comblé en déposant à sa surface la couche de végétation prélevée lors du décapage des parois du fossé et du creusement des excavations ayant servi à fournir la tourbe.

Ce comblement des drains pourra parfois être localement responsable de la disparition de milieux aquatiques secondaires.

SUIVRE LA PÉRENNITÉ DES ACTIONS

Actuellement en France, on manque du recul nécessaire pour évaluer ce genre d'opération.

La mise en œuvre récente de ces techniques ne permet pas de connaître leur longévité. Des problèmes de fuites pourront notamment survenir, ce qui nécessite un contrôle et un suivi régulier des ouvrages :

- visite régulière du site et des structures mises en place,
- suivi de la hauteur d'eau souterraine et superficielle⁵⁴,
- suivi de la végétation et de la faune⁵⁵ : transects et carrés permanents de végétation, inventaire piscicole, tricoptères, odonates, batrachologique, ornithologique...

Ce n'est qu'une fois l'hydrologie du site restaurée que pourront être envisagées des interventions de gestion ou de restauration complémentaires.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

LIFE « Tourbières de France », Espaces Naturels de France, ENF, 6 rue Jeanne d'Arc, 45000 Orléans. Tél. : 02 38 24 55 00, fax : 02 38 24 55 01.

BIBLIOGRAPHIE

Dupieux N., 1998. La gestion conservatoire des tourbières en France. Espaces Naturels de France.

Michelot JL, 1995. Gestion patrimoniale des milieux naturels fluviaux, Tourbière de la Charme (88).

BURGEAP, JL Michelot, 1997. Étude pour la mise en valeur de l'étang et de ses abords immédiats, Commune de la Rivière Drueon (25).





RELÈVEMENT DE LA NAPPE

OBJECTIFS

Pour rapprocher le niveau de la nappe du niveau du sol deux objectifs sont couramment visés, ensemble ou séparément :

- maintenir un niveau d'étiage (c'est à dire minimum) de la nappe en dessous duquel des dysfonctionnements apparaîtraient pour alimenter des bras annexes ou une zone humide stagnante déconnectée,
- dans le cas particulier des milieux forestiers alluviaux, maintenir le niveau de la nappe durant la période de végétation, dans les limons dans lesquels se développent les racines des arbres et qui peuvent être le siège de remontées capillaires.

MISE EN ŒUVRE

COMMENT INTERVENIR ?

Le relèvement de la nappe doit être précédé par une identification des causes de l'enfoncement qui peuvent être multiples et par la mise en place et le suivi d'un réseau de piézomètres. Diverses méthodes peuvent être employées selon les cas pour relever le niveau de la nappe.

LIMITATION DES POMPAGES⁶⁹

Quand cela est possible, limiter les pompages est une solution techniquement facile à mettre en œuvre. Bien évidemment, il faut alors substituer les volumes correspondants par le raccordement à un autre réseau déjà existant; le coût peut être important (achat d'eau).

LOCALISATION OPTIMALE DES POMPAGES

De façon préventive, on peut aussi chercher à localiser ou à optimiser le débit de captages de façon à ce qu'ils n'interfèrent pas avec d'autres pompages⁷⁰ ou que le cône de rabattement de la nappe n'influe pas sur des milieux humides sensibles (assèchement de marais par déconnexion par exemple). Pour cette évaluation, une modélisation mathématique peut être nécessaire.

AUGMENTATION DU DÉBIT RÉSERVÉ DES TRONÇONS COURT-CIRCUITÉS

Dans le cas d'une zone humide de plaine alluviale connectée hydrauliquement à la rivière, l'augmentation du débit réservé permet localement à la nappe de remonter et limite l'incision du fleuve (enfoncement des lignes d'eau). Cette mesure peut être accompagnée de la réalisation d'un seuil, avec remontée de la ligne d'eau comme cela est envi-

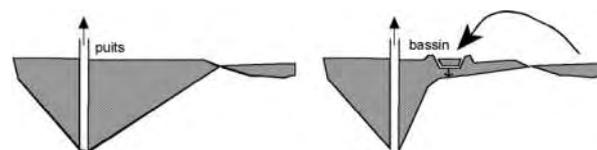
sagé sur le canal de Miribel en amont de Lyon. L'effet d'une telle mesure est d'autant plus sensible que la nappe présente une pente faible.

Un contrôle indispensable⁶⁸

La qualité des eaux de surface doit être suivie avant infiltration dans la nappe pour éviter la pollution des eaux de la nappe phréatique dont la qualité est le plus souvent supérieure.

BASSINS D'INFILTRATION

Il s'agit de bassins au fond poreux constitués de sable calibré que l'on entretient régulièrement pour éviter le colmatage : on y injecte de l'eau de surface qui s'infiltre progressivement dans la nappe. Une zone de sédiments non saturés en eau est conservée entre le fond du bassin et la nappe afin d'assurer l'épuration bactérienne des eaux.



Les coûts d'installation et d'entretien sont élevés. Ce type d'installation existe pour la protection du champ captant de Crépieux-Charmy à l'amont de Lyon (Communauté Urbaine de Lyon, direction de l'eau).

Une variante de cette méthode consiste à réaliser des canaux alimentant des puits de réinfiltration de la nappe. Cette technique déjà utilisée pour l'agriculture est envisagée dans un but écologique dans la réserve naturelle des Ramières du Val-de-Drôme par réutilisation d'anciens canaux d'irrigation abandonnés. Cette technique rend toutefois plus difficile la maîtrise du colmatage et nécessite la présence d'un réseau déjà existant, sinon les coûts d'installation peuvent être importants.

RÉALIMENTATION D'ANCIENS BRAS

Les anciens bras peuvent être réalimentés de façon à ce que les infiltrations relèvent le niveau de la nappe. Les anciens bras remis en eau ne doivent pas être trop colmatés, car l'efficacité du dispositif serait réduite (étanchéification du fond du lit). Dans ce cas, le décolmatage des berges et fonds peut s'avérer obligatoire. Le maintien de crues régulières et l'ouverture du bras à l'aval permettent éventuellement de limiter les risques de retour du colmatage (effet de « chasse »).



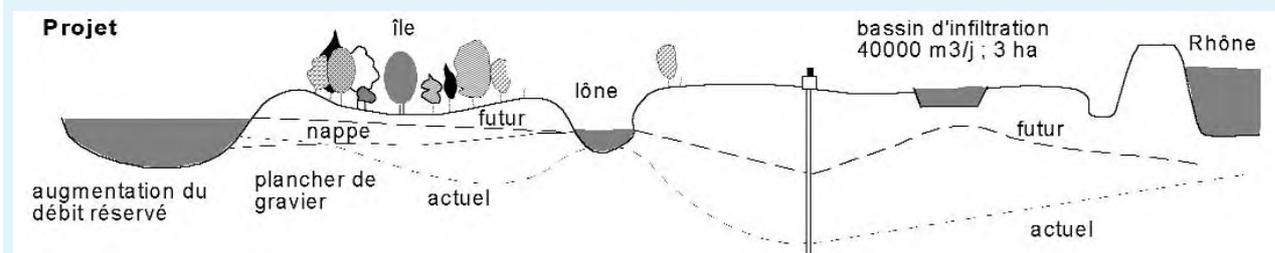


Bassin de réalimentation + réalimentation par des anciens bras + augmentation du débit réservé + redistribution des pompages = le cas de la Platière, un relèvement optimal

De l'eau provenant du canal de dérivation du Rhône court-circuité de Péage de Roussillon, passe par un siphon sous le canal puis alimente un ancien bras. Localement le niveau piézométrique est remonté de 50 cm. Mais ce relèvement reste insuffisant et trop localisé pour assurer le maintien d'une forêt alluviale sur

l'ensemble de l'île. L'objectif de préservation de cette zone humide passe donc par une réalimentation artificielle de la nappe par infiltration localisée en plus de la réalimentation de l'ancien bras. L'augmentation du débit réservé du Vieux Rhône et la redistribution des pompages industriels situés dans l'île sont deux mesures supplémentaires au relèvement optimal de la nappe.

Les coûts de réalisation de ce genre de « multi-opérations » peuvent être très lourds.



RÉALIMENTER LA NAPPE PAR LES CRUES

L'amélioration de la submersibilité d'une plaine permet à l'eau de s'infiltrer lors des crues et donc de réalimenter la nappe. Cet effet n'est généralement que de courte durée, a fortiori lorsque les alluvions sont très filtrantes (graviers) ou que la pente de la nappe est importante.

Une forêt réinondée

Le projet de polder* d'Erstein concerne la « réinondation » d'une forêt déconnectée du Rhin depuis 30 ans par canalisation. L'objectif est de retrouver la bande rhénane telle qu'elle existait avant la canalisation et de permettre l'écrêtement des crues par un étalement de la lame d'eau dans cet espace de 600 ha. Une modélisation mathématique a permis de simuler les effets des inondations sur la remontée de la nappe qui sera localement forte.

Les coûts de remise en eau de cette ancienne forêt alluviale sont estimés à plusieurs millions de francs. Le dispositif est reproduit en plusieurs lieux pour atteindre un stockage total en crue de 10 mm³.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Ramière du Val de Drôme, La platière, Le projet de polder* d'Erstein.

BIBLIOGRAPHIE

Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, BURGEAP 1996. La platière.

BURGEAP-VNF, 1995. Le projet de polder d'Erstein.





LIMITATION, GESTION DES POMPAGES



OBJECTIFS

Le fonctionnement d'une zone humide est évidemment déterminé par son bilan hydrique. Une augmentation des prélèvements d'eau peut avoir pour conséquence de bouleverser ce bilan jusqu'à compromettre le fonctionnement de la zone humide, entraîner son assèchement, et par voie de conséquence, une dégradation de la biodiversité⁶².

La limitation et la gestion des pompages ont pour objet de maîtriser le bilan hydrique de la zone humide. Ils doivent s'appuyer sur une valorisation raisonnée des différents usages de l'eau et des milieux aquatiques.

MISE EN ŒUVRE

UNE RÉFLEXION PRÉALABLE POUR UNE GESTION OPTIMISÉE DE LA RESSOURCE EN EAU

Avant la mise en place d'un ou de plusieurs pompages, une implantation de piézomètres, un essai de pompage et une interprétation hydrogéologique doivent être réalisés pour étudier leur impact sur le milieu :

- l'implantation de piézomètres⁶⁴ dans la zone de l'étude permet d'accéder à la piézométrie initiale et ses variations,
- l'essai de pompage permet de connaître les caractéristiques hydrogéologiques des terrains et la capacité de l'aquifère,
- la modélisation mathématique n'est pas toujours indispensable, mais elle permet de situer le cône de rabattement de la nappe pour plusieurs débits pompés. Si la baisse est trop importante, la zone humide peut être menacée⁶².

LES COÛTS SONT VARIABLES

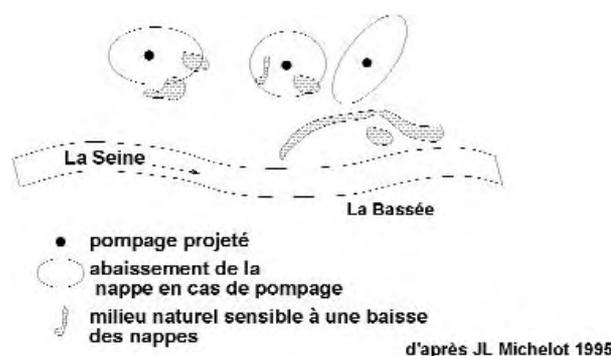
Ces trois opérations peuvent avoir un coût très variable selon la disponibilité de données antérieures, la complexité du système hydrogéologique et l'étendue de la zone d'étude. Couramment quelques milliers de francs, mais exceptionnellement quelques centaines de milliers suivant les enjeux.

UNE RÉFLEXION A POSTERIORI POUR UNE GESTION CONCERTÉE DE LA RESSOURCE EN EAU ET UNE LIMITATION DES POMPAGES.

Si ces pompages menacent d'assèchement une zone humide, le gestionnaire doit savoir mesurer l'importance de leur impact sur la zone humide.

Pour cela, la modélisation mathématique doit être employée en intégrant le contexte hydrogéologique, les données piézométriques existantes ou à mettre en place, les résultats des essais de pompage.

De simples observations (dépérissement de la végétation hygrophyle, historique et suivi de la piézométrie du site) peuvent « alerter » le gestionnaire de la zone humide sur l'abaissement de la nappe. Mais la mise en cause formelle des pompages sera plus délicate à argumenter face aux préleveurs sans une preuve quantifiée à l'appui.



Dans le cas où un ou plusieurs pompages sont en cause dans cette baisse de nappe, une concertation entre les différents usagers de l'eau est nécessaire. La réduction des pompages avec ou sans compensation financière doit alors être étudiée, au même titre que la réalimentation artificielle de la nappe (Ramières du Val de Drôme).

Une jauge pour contrôler les pompages⁶²

Les pompages agricoles dans la nappe ou dans la rivière ont pu provoquer l'assèchement total de la rivière et des zones humides associées durant certains étés secs. Face à cette situation, le gestionnaire tente de faire respecter les débits réservés (1/10 du module). Il a fait installer une jauge qui permet de déterminer rapidement si le débit minimum est atteint, ce qui peut conduire à la diminution temporaire des pompages agricoles.

Si le captage existe ou est en projet, et s'il est utilisé pour l'alimentation en eau potable des populations, il peut être très judicieux de mettre à profit l'obligation réglementaire de Périmètres de Protection. Suivant que l'on traite du périmètre immédiat, rapproché ou encore éloigné, leur mise en place concrète s'assortit de contraintes plus ou moins fortes. Faire entrer la zone humide dans un de ces périmètres est un moyen indirect d'agir pour sa sauvegarde.





Une redistribution des pompages

La préservation de l'île de la Platière (38) a nécessité un relèvement optimal de la nappe qui a demandé parmi de nombreuses mesures :

- une réalimentation artificielle de la nappe par infiltration localisée via un bassin d'infiltration,
- la réalimentation de l'ancien bras,
- une augmentation du débit réservé du Vieux Rhône,
- la redistribution des pompages industriels situés dans l'île.

EN CAS DE GESTION CONFLICTUELLE, LE RECOURS EN JUSTICE PEUT ÊTRE APPLIQUÉ.

Quand la concertation s'avère conflictuelle, la création d'une association peut être utile pour avoir plus de « poids » pour faire connaître et valoir les difficultés rencontrées.

Dans le cas où la zone humide est d'une richesse patrimoniale floristique et/ou faunistique peu commune (espèces en liste « rouge » par exemple) et que son existence est menacée, un recours en justice peut être envisagé.

Les pompages en nappe et/ou en rivière peuvent être, suivant la quantité d'eau prélevée, soumis à déclaration ou à autorisation selon le décret n° 93-743 du 29 mars 1993 en application avec l'article 10 de la loi sur l'Eau. Dans ce cas, la procédure administrative impose une étude des impacts de ces pompages sur le milieu et notamment les zones humides du secteur de l'étude.

Dans le cas de pompages de faible volume, aucun texte de loi ne régleme ces prélèvements. Ils doivent faire l'objet d'une réflexion plus globale au niveau du bassin versant notamment lors de l'établissement de SAGE, de Contrats de rivières, d'études générales du milieu...

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

La Bassée Ag. Eau Seine Normandie, Nanterre.

La Platière : B. Pont, Rue César Geoffroy, 38550 Sablons.

Les Ramières de la Drôme : JM Faton, Conservateur de la Réserve, 26120 La Baume Cornillane.

Police de l'Eau : DIREN, DDAF, DDE, Services navigation.

Bureau d'études d'Ingénieurs conseils, adresses au Synthec Ingénierie.

Décret n° 93-743 du 29 mars 1993.

BIBLIOGRAPHIE

BURGÉAP-Agence de l'Eau R-M-C, 1995. Modèle mathématique des relations cours d'eau-nappe et des écoulements souterrains de l'Île de la Platière et alentours : expertise des modalités hydrauliques de renaturation du Rhône court-circuité de Péage de Roussillon.

Bize, Bourquet, Lemoine, 1972. L'alimentation artificielle des nappes souterraines. Ed. Masson & Cie.





RÉALIMENTATION GRAVITAIRE D'ANNEXES FLUVIALES



Certains anciens bras fluviaux peuvent être réalimentés par un apport gravitaire d'eau prélevée sur une rivière voisine.

OBJECTIFS

Cette technique peut permettre une restauration assez globale d'annexes asséchées^{MS}, avec notamment :

- la remise en eau du bras, intéressante pour la faune, la flore, la pêche ou le paysage...
- le relèvement de la nappe phréatique par infiltration.

MISE EN ŒUVRE

UN PRINCIPE TECHNIQUE SIMPLE

La méthode repose sur la création d'une prise d'eau dans un cours d'eau, et l'acheminement de l'eau vers l'annexe.

Il est parfois nécessaire de réaliser un petit ouvrage (seuil) sur la rivière, permettant de relever son niveau d'eau; il est nécessaire de s'interroger sur les impacts d'un tel ouvrage (entrave aux circulations des poissons, stabilisation des niveaux d'eau). Un cas particulier est celui des grands aménagements fluviaux avec dérivation (Rhône, Rhin), où les canaux sont souvent situés plus hauts que la plaine; la digue peut alors être équipée de siphons ou de prises d'eau vers les anciens bras. La réalisation d'une prise d'eau traversant une digue peut représenter des difficultés techniques (étanchéité, stabilité de la digue); le système du siphon peut permettre de prévenir ces risques.

LE DEVENIR DE L'EAU : TRANSIT OU DÉCANTATION

Il est possible de distinguer deux principes techniques :

- **réalimentation-transit** : l'eau déversée ne fait que passer dans le bras; elle s'écoule vers le cours d'eau ou vers la nappe;
- **réalimentation-marais** : l'eau déversée reste dans l'annexe où elle s'évacue surtout par évaporation.

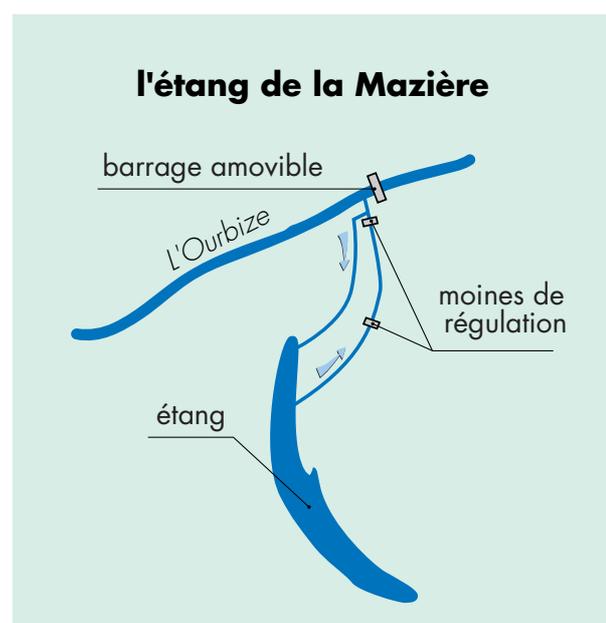
QUELLE GESTION DES DÉBITS ?

La réalimentation peut être uniforme dans le temps, ou ne fonctionner que lorsque l'annexe est en déficit hydrique.

Il est intéressant d'imaginer un rythme plus élaboré, permettant de reproduire les fluctuations naturelles des débits du cours d'eau.

Un bras du Rhin, à Benheim, vient d'être recréé avec une prise directe sur le fleuve, permettant d'amener au bras jusqu'à 10 m³/s. Sur ce site, le Service de la Navigation de

Strasbourg définit actuellement un protocole de gestion des vannes en fonction des débits transitant dans le Rhin, visant à reconstituer des inondations conformes au régime hydrologique du fleuve.



La réalimentation de l'étang de la Mazière (ancien méandre de la Garonne, Lot-et-Garonne).

A Miribel-Jonage (Rhône-Ain), le projet de réalimentation des « îlons » prévoit un débit fort en été (besoin de réalimentation des nappes), faible à l'automne (développement de vasières, décolmatage des berges) et moyen le reste de l'année.

LA PRÉPARATION DU TERRAIN

Le bras peut faire l'objet de travaux préparatoires : enlèvement des arbres dans le chenal, évacuation de bouchons de sédiments qui entraveraient trop le passage de l'eau.

DES RISQUES

La qualité de l'eau déversée

Il est naturellement néfaste d'alimenter un bras avec une eau de mauvaise qualité chronique sur le plan toxique ou trophique*; une pollution accidentelle de la rivière-source peut également provoquer une dégradation de l'annexe réalimentée.

Une modification des communautés vivantes

La remise en eau courante d'un bras peut faire disparaître les milieux stagnants préexistants (mares...), avec leur flore et leur faune éventuellement remarquables.





Le colmatage

Contrairement à un bras naturel, un bras réalimenté gravitairement risque de connaître un écoulement permanent du bras vers la nappe, sans les phases de décolmatage des berges et du fond que constituent les crues ou les nappes hautes. Dans ces conditions, les berges risquent d'être colmatées, ce qui limiterait les échanges biologiques entre bras et nappe, et l'effet bénéfique sur les nappes (infiltration).

LE CONTRÔLE DES APPORTS

Face à ces risques, plusieurs réponses peuvent être conçues :

- choix d'une rivière-source peu polluée et peu chargée en matière en suspension,
- création juste à l'aval de la prise d'eau d'un dispositif de décantation (bassin, canal...) qui doit être curé régulièrement,
- fermeture manuelle de la prise d'eau lorsque la rivière-source est chargée en MES. Cette méthode, mise en œuvre par exemple sur l'ancien cours de l'Aigues à Caderousse (Vaucluse), demande beaucoup de rigueur et de disponibilité, sous peine d'échec complet,
- fermeture automatique : la prise d'eau peut être asservie automatiquement à une station d'alerte : lorsque la station détecte un problème, la prise d'eau est fermée.

QUELQUES ÉLÉMENTS DE COÛT

Le coût de tels projet peut être très variable en fonction de leur ampleur.

A l'île de la Platière, l'opération n'a rien coûté parce que la prise d'eau existait pour un autre usage.

Au Breitsanggiessen, la restauration du site, dont remise en eau gravitaire de 1,6 km de bras, a coûté 2,80 MF.

A Miribel-Jonage, le projet représente 3 MF pour une réalimentation de 4 kilomètres avec 1 m³/s (avec des recreusements de bouchons alluviaux).

Enfin, il faut mentionner que les prises d'eau dans les cours d'eau domaniaux navigables sont soumis à une taxe (de l'ordre de 2 centimes par an et par mètre cube prélevable ou rejetable) au profit de Voies Navigables de France, lorsque l'eau prélevée ne s'écoule pas vers le Domaine Public Fluvial.

SUIVI

La remise en eau d'un bras doit s'accompagner par un suivi :

- topographie (sédimentation éventuelle)⁵¹,
- relation nappe-bras (colmatage de celui-ci),
- qualité de l'eau entrant⁵⁶,
- végétation et autres communautés vivantes^{58, 59}.

Les îlons de Miribel-Jonage (69, 01)

Dans ce site, la réalimentation gravitaire est hautement souhaitable, en particulier parce qu'elle permettrait de relever fortement les nappes (localement 2 mètres!). Cette technique doit être étudiée très finement dans la mesure où les bras s'écoulent vers des plans d'eau utilisés comme secours en eau potable.

Le système en projet doit répondre à ce contexte :

- alimentation par siphon de 0,8 à 1,5 m³/s, réglable selon la saison.
- à l'aval du siphon, création d'un bassin de décantation (temps de séjour de 10 heures) et une lagune à macrophytes; ce dispositif devrait bloquer une partie non négligeable des sédiments fins et des nutriments*.
- commande à distance du siphon : lorsque la station d'alerte automatique située à l'amont suspecte une pollution ou un pic de Matières En Suspension (>50 mg/l), elle prévient un opérateur présent 24 heures sur 24 dans un centre de contrôle de captages; celui-ci ferme alors la prise d'eau à distance. Si une pollution était détectée avec du retard, il serait possible de la contenir dans les bassins de décantation.
- le colmatage des bras devrait être évité grâce au maintien des crues du Rhône; des lâchers plus importants à la prise d'eau pourrait contribuer au même objectif.
- enfin, les eaux ne s'écouleraient pas jusqu'aux plans d'eau destinés à l'AEP et aux loisirs, mais vers la nappe et vers un plan d'eau qui constituera un bassin d'infiltration.

Source : BURGEAP-CNR-Lyon I/SYMALIM-SEGAPAL, 1999

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Michelot J.-L., 1994. Gestion et suivi des milieux fluviaux, l'expérience des réserves naturelles. Réserves Naturelles de France. 440p.

BURGEAP, CNR, UCB LYON I, 1998. Plan de gestion du réseau hydrographique de l'île de Miribel-Jonage. SEGAPAL, 50 p.

BURGEAP, CNR, UCB LYON I, 1998. Plan de gestion du réseau hydrographique de l'île de Miribel-Jonage. SEGAPAL, 50 p.

ÉTUDES DE CAS

K9 : Ried du Rhin : le Breitsanggiessen





RÉALIMENTATION GRAVITAIRE D'ANNEXES FLUVIALES



RÉFÉRENCES-COMPÉTENCES

Réserve naturelle de la Mazière : ancien méandre réalimenté depuis un ruisseau. Sepanlog, Maison de la nature, rue Baudin, 47000 Agen. Tél. : 0553796595.

Réserve naturelle de la Petite Camargue Alsacienne : réalimentation d'anciens bras par prise d'eau depuis un canal, et creusement. Rue de la Pisciculture, 68300 Saint-Louis. Tél. : 0389690847.

Réserve naturelle de l'île de la Platière : remise en eau d'une île par prise d'eau dans un canal. Rue César Geoffroy, 38550 Sablons. Tél. : 0474843501, fax : 0474842418.

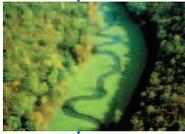
Lônes de Malaubert (Drôme) : annexe du Rhône remise en eau par dérivation d'un autre bras à sa confluence avec le fleuve. Compagnie Nationale du Rhône. Cellule environnement. 2 rue André Bonin, 69316 Lyon CEDEX 01. Tél. : 0472006914, fax : 0478299617.

Anciens bras du Rhin. Service de la Navigation, 2, rue de l'Hôpital militaire, 67084 Strasbourg CEDEX. Tél. : 0388767932, fax : 0388767931.





RECREUSEMENT DE BRAS FLUVIAUX



Les bras fluviaux asséchés³⁸ peuvent être recreusés de façon plus ou moins importante, afin d'obtenir une alimentation par le cours d'eau ou la nappe.

OBJECTIFS

Ce type de restauration est favorable à différents usages (pêche, chasse) et au patrimoine naturel³⁹. Il peut permettre une meilleure diffusion des crues dans le lit majeur, et un abaissement des lignes d'eau en crue⁴¹.

MISE EN ŒUVRE

Le recreusement n'est pas la seule méthode qui puisse être utilisée; elle doit être choisie au terme d'une analyse globale. Il est souvent possible et souhaitable de conjuguer plusieurs techniques; ainsi le recreusement peut utilement s'accompagner du relèvement des lignes d'eau du cours d'eau, voire d'une réalimentation gravitaire.

MODE D'ALIMENTATION EN EAU

Trois modalités peuvent se présenter :

- recreusement jusqu'à réalimentation depuis l'amont par la rivière,
- réalimentation par la rivière depuis l'aval (« reculée »),
- creusement jusqu'au niveau de la nappe phréatique, pour un maintien de l'eau à l'étiage.

Ces trois cas de figure présentent des avantages et des inconvénients :

- alimentation par l'amont : permet d'obtenir des débits importants (bon renouvellement des eaux du bras), création d'une île protégée de la fréquentation; par contre, ce schéma ne permet pas au bras de jouer un rôle de protection contre les pollutions ou les crues; la pérennité du bras varie en fonction de l'importance de la sédimentation.

- reculée : la pérennité peut être médiocre (sédimentation depuis l'aval); l'intérêt de la restauration est limité.
- recreusement jusqu'à la nappe : le bras restauré présente une bonne pérennité et joue un rôle de protection contre les pollutions; par contre, il existe un risque de drainage de la nappe par le bras.

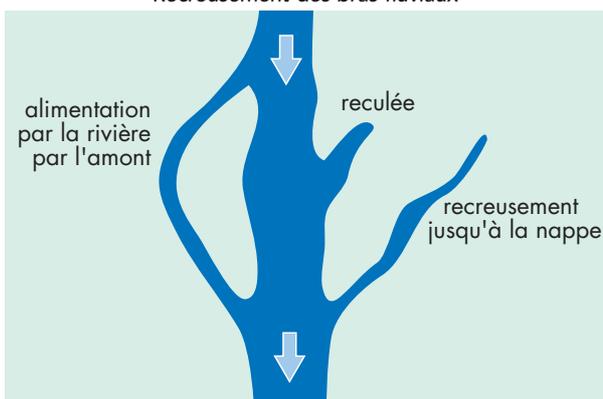
Comme toujours en écologie, il est intéressant de diversifier les types de restaurations, qui permettent de créer des milieux différents.

A Vernaison (Rhône), trois bras du Rhône viennent d'être remis en eau selon ces trois principes; leur intérêt respectif pourra être comparé.



Strasbourg, ancien bras du Rhin remis en eau.

Recreusement des bras fluviaux



PROFILS À OBTENIR

Le projet de recreusement doit être étudié de façon à optimiser la qualité écologique et paysagère du milieu.

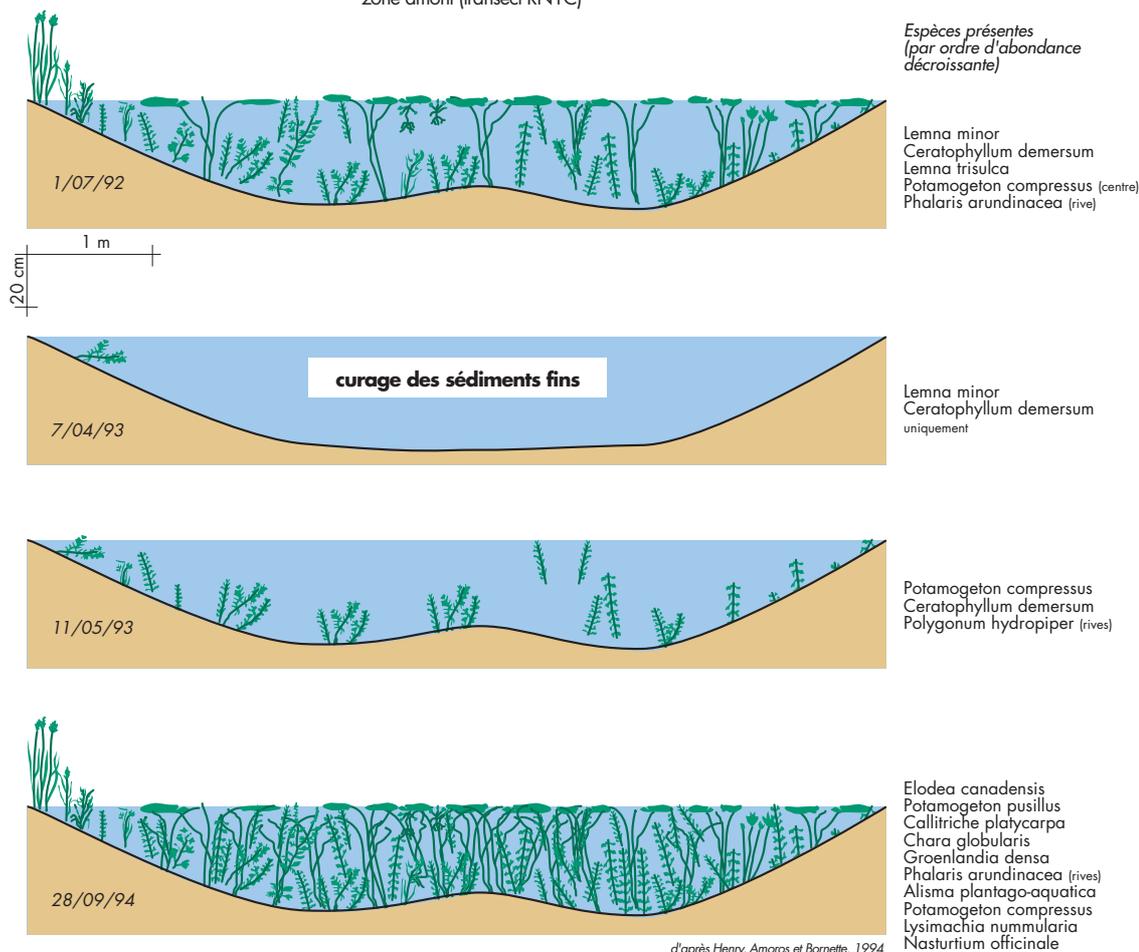
La « cote de projet » (profil en long) doit être déterminée sur la base d'une bonne connaissance du niveau du fleuve et de la nappe et de ses variations; la profondeur de creusement doit permettre d'assurer la pérennité de l'opération et le développement de différentes communautés vivantes (un ordre d'idée de 1,5 mètre en moyenne est souvent retenu). Les pentes des berges doivent être les plus faibles





Évolution de la lône de Rossillon (département de l'Ain, fleuve Rhône) après restauration

zone amont (transect RN1C)



On constate une recolonisation rapide de la végétation. Les espèces des milieux eutrophes* (ceratophylle...) disparaissent au profit d'espèces plus intéressantes liées à l'arrivée d'eau souterraine (callitriche, charas...).

possibles; des mares annexes peuvent être créées...

Le recreusement ne doit si possible pas être uniforme et systématique. Il doit s'attacher à reprendre le profil que le bras présentait avant son isolement. Il doit conserver une alternance de seuils (tronçons peu profonds, courants) et de mouilles (tronçons profonds et calmes); il est souhaitable d'éviter des surlargeurs et des surprofondeurs, qui peuvent entraîner des dysfonctionnement (eutrophisation*...). En général, il convient de ne supprimer que les dépôts fins (vases, limons), en conservant les galets et graviers.

Il doit au moins conserver quelques zones en l'état, qui permettront la recolonisation plus rapide du milieu après travaux. Dans certains cas, il est possible de ne recreuser qu'un faible linéaire : enlèvement de bouchons sédimentaires,

création d'une ouverture entre la rivière et l'aval de l'annexe permettant en particulier l'entrée des poissons, etc.

PRÉVENIR LES DIFFICULTÉS ET LES RISQUES

Cette technique peut présenter des difficultés qui doivent être connues et gérées :

- Influence sur la nappe

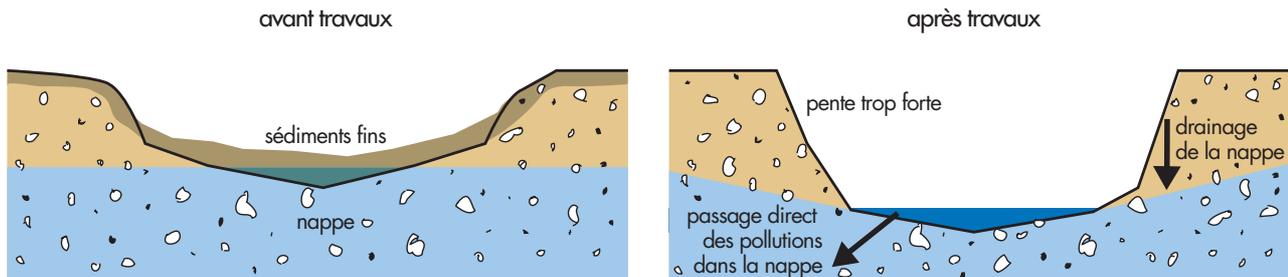
Un creusement trop fort est susceptible d'entraîner un abaissement de la nappe phréatique (drainage). Il peut également provoquer une pollution de la nappe par alimentation de la lône avec une eau de mauvaise qualité. Le profil du projet doit tenir compte de cet aspect : une étude hydrogéologique doit être réalisée, le débit drainé doit être minimal...



RECREUSEMENT DE BRAS FLUVIAUX



Conséquences d'un recreusement excessif



- Sédimentation

La restauration sera peu pérenne si le bras connaît une sédimentation rapide. Il est donc nécessaire de concevoir le projet avec des hydrauliciens, afin de parvenir à un profil permettant l'évacuation d'une partie importante des sédiments fins lors des crues. Les profils doivent être suffisamment réguliers pour conserver des vitesses fortes en crue; l'extrémité amont du bras peut être abaissée de façon à ce que les crues puissent entrer facilement.

Une approche progressive

A Baix (Ardèche), la restauration de la lône de Géronton (bras du Rhône) est réalisée de façon progressive. Dans un premier temps, le passage des crues a été facilité : enlèvement de la végétation ligneuse du talweg, abaissement du bras à son extrémité amont, ouverture d'enrochements à l'aval. Après quelques années de suivi, on saura si l'action des crues est suffisante pour évacuer les matériaux déposés dans la lône ou si un recreusement plus général est nécessaire.

DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE CREUSEMENT

Différentes techniques peuvent être mises en œuvre :

- Pelle mécanique, bulldozer : sédiments cohérents

Le chantier doit être conduit de façon à limiter le tassement des terrains : utiliser des engins présentant une bonne portance (pelles « marais » etc.), éviter de circuler avec les engins sur le talweg, décompacter le sol en fin de travaux...

Dans les bras marécageux, les précautions doivent être maximales.

- Suçage : sédiments très liquides

Cette technique a par exemple été mise en œuvre sur la réserve naturelle de Saint-Quentin (Somme), ou dans celle d'Offendorf (Bas-Rhin).

Une autre approche repose sur la minéralisation de la

matière organique déposée dans le bras; il consiste dans l'épandage de craie, voire de bioadditifs. L'intérêt de ces techniques semble extrêmement sujet à caution.

La période de réalisation des travaux de curage est largement conditionnée par des contraintes hydrauliques (basses eaux); elle doit si possible éviter le printemps pour le respect de la faune et de la flore. La fin d'été ou le début de l'automne peuvent généralement concilier ces deux impératifs.

Il est important de souligner l'importance de la qualité de l'entreprise et de la maîtrise d'œuvre dans ce type de chantier. Il est souhaitable de choisir des entreprises ayant déjà réalisé ce type de travaux, et de prévoir un suivi très régulier du chantier par un écologue.

DESTINATION DES MATÉRIAUX EXTRAITS

Les matériaux extraits peuvent représenter des volumes importants; leur destination doit être choisie en fonction de leur nature, de leur composition (toxicité, teneurs en nutriments*...), et en deuxième lieu en fonction du coût et des contraintes du site :

- **dépôt sur les berges** : à éviter car favorise le développement des plantes rudérales et peut accentuer la pente des berges;
- **étalement dans les environs** (sous-bois...) : possible, mais avec les mêmes inconvénients dans une moindre mesure;
- **évacuation complète** : cette solution est préférable, mais coûteuse. La mise en remblai de ces matériaux en lit majeur peut être interdit par l'État (entrave à la circulation des crues).

Il est intéressant de tenter de donner une utilité à ces matériaux. A Vernaison (Rhône), ils sont déposés sur des digues voisines afin de faciliter leur végétalisation. Une utilisation agricole ou industrielle (graviers, remblais), même gratuite, est généralement difficile (coût de transport, faible fertilité...).



QUELLE VÉGÉTALISATION DES BERGES ?

La gestion de la végétation des berges résulte largement d'un équilibre à trouver entre circulation hydraulique (enlèvement des végétaux gênant le passage des crues) et diversité écologique.

Lors de la restauration des boires (anciens bras) de la Loire, on a parfois laissé des arbres tombés dans l'eau (intéressants comme supports de pontes...), en les fixant à des pieux de façon à éviter une dérive indésirable (Steinbach 1997).

Dans certains cas, les travaux entraînent la mise à nu de vastes surfaces, qui risquent de connaître des phénomènes d'érosion et la prolifération de végétaux exotiques. Il est alors nécessaire de semer les berges avec un mélange de graines de plantes herbacées adapté aux conditions locales.

Dans certains cas, il peut être intéressant de planter les environs de l'annexe avec des ligneux (boutures de saules en particulier) : prévention du développement des végétaux exotiques (érable négundo, faux-indigo...), fixation des berges, volonté de favoriser le castor... Les peupliers ne doivent pas être favorisés car ils présentent un enracinement superficiel; en outre, la décomposition de leurs feuilles libèrent dans l'eau des composés toxiques pour la vie aquatique.

À terme, on considère généralement qu'il est souhaitable de voir se développer une végétation semi-ouverte sur les berges du bras : zones ombragées, zones ensoleillées... Il peut être souhaitable que les bras eutrophes* et stagnants soient ombragés de façon à y limiter la prolifération végétale.

La végétation des bras recreusés peut généralement évoluer librement. Dans certains cas, il peut être souhaitable de maintenir une végétation ouverte pour la pêche ou le patrimoine naturel; cet entretien peut se faire mécaniquement, ou éventuellement par le pâturage.

Les arbres menaçant de tomber dans le bras peuvent être coupés afin de garantir un écoulement satisfaisant dans le bras (réduction du risque d'atterrissement*).

PRENDRE EN COMPTE LA FRÉQUENTATION FUTURE

Le recreusement d'un ancien bras entraîne en général une augmentation de sa fréquentation : possibilités de pêche, présence de pistes ou de berges non boisées... Dès les travaux, il importe donc de contrôler ce phénomène : destruction des pistes de chantier, fermeture des accès voitures⁵²...

L'intérêt piscicole d'un bras mort peut être fort (frayère, nurserie, refuge...) et justifier la mise en réserve de pêche de manière permanente ou saisonnière.

ÉLÉMENTS DE COÛT

Ce type d'opération peut entraîner des coûts très importants, très variables en fonction du mode d'évacuation des matériaux hors du site.

- Îles du Rhône à Vernaison : 21 MF pour 5 km de lônes;
- Lône de Malatras (Ardèche) : estimation de 4 MF pour recreusement sur 1 km de long, soit 7 hectares.

SUIVI

Les annexes sont des milieux fragiles qu'il convient de suivre précisément avant et après restauration :

- topographie (profils en travers, épaisseur de sédiments fins)⁵¹,
- niveaux d'eau dans l'annexe⁵²,
- niveaux des nappes à proximité⁵⁴,
- végétation (par exemple, profils en travers phytosociologiques)⁵⁹.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Bacchi M., Berton J.-P., 1998. Entretien du lit de la Loire. Guide méthodologique. Équipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature. 105 p.

Steinbach P., 1997. Restauration des axes de migrations et des annexes hydrauliques en faveur des équilibres piscicoles. Ingénierie et travaux écologiques en milieu fluvial. Association Française des Ingénieurs Écologues. 141 p.

Verniers G., 1993. Entre terre et rivière. Des zones humides à préserver. Agence de l'eau Seine-Normandie, 48 p.

ÉTUDES DE CAS

K9 : Breisanggiessen

AUTRES EXPÉRIENCES

Îles du Rhône à Vernaison (Rhône). SMIRIL, Mairie, 24, place du 11 novembre, 69390 Vernaison. Tél. : 0478460550, fax : 0472307932.

Lône de Rossillon sur le Rhône (Ain) : Compagnie Nationale du Rhône. Cellule environnement. 2 rue André Bonin, 69316 Lyon CEDEX 01. Tél. : 0472006914, fax : 0478299617.

Forêts périurbaines de Strasbourg (Bas-Rhin) : bureau forestier de la ville de Strasbourg. Tél. : 0388609090.





DÉCOLMATAGE DES FONDS ET DES BERGES DES ANNEXES FLUVIALES



OBJECTIFS

Il s'agit de retirer les matériaux déposés sur les berges et au fond des zones humides des annexes fluvialesSM pour restaurer les flux hydriques entre ces zones humides et la nappe phréatique d'accompagnement.

Ce type d'action est favorable aux fonctions hydrauliques et biogéochimiques et notamment :

- une restauration des connexions entre les eaux de surface et les eaux souterraines avec l'alternance de drainage et de réalimentation (« respiration de la nappe » pour éviter le colmatage),
- une augmentation localisée de la hauteur de la nappe restituant des connexions entre les racines de la végétation et la nappe, conditions indispensables pour le développement d'une végétation aquatique,
- un meilleur ressuyage des crues inondantes dans le lit majeur grâce à une alimentation de la nappe reconnectée^{1, 2}.

Attention : Ce type d'action peut être potentiellement dégradant pour le milieu (réduction de l'effet de « filtre biologique »). Aussi, ce décolmatage n'est à appliquer qu'à titre exceptionnel, après un diagnostic préalable, lorsque le cours d'eau ou l'annexe fluviale est totalement envasé et l'origine de la pollution a été supprimée.

MISE EN ŒUVRE

DÉFINIR LE PROJET

La profondeur de creusement du fond et des berges des zones humides doit être déterminée en fonction de la quantité de matériaux formant le colmatage, et des variations antérieures du niveau de la nappe. Il est nécessaire de recréer une diversité maximale du profil en travers et en long des berges.

Pour cela, une campagne de terrain (tarière) et la réalisation d'une carte situant l'épaisseur des limons et du substratum est nécessaire.

Le volume à extraire peut être alors défini, et l'estimation financière de l'opération réalisée : coûts du curage (location de matériel) et de mise en dépôts.

La profondeur de creusement doit assurer une bonne pérennité à l'opération. Celle-ci dépend aussi de la vitesse de sédimentation. Elle doit être évaluée avec attention avec l'aide de spécialistes (géomorphologues).

MÉTHODES DE CURAGE

Différentes techniques peuvent être appliquées par des entreprises spécialisées :

- pelle mécanique, bulldozer : sédiments cohérents
- suçage : sédiments très liquides

NB : Le curage des lacs et plans d'eau n'est pas abordé dans cette fiche, l'étude inter agences n° 62 de janvier 1999 traitant ce thème en détail. Le curage des étangs fait l'objet de la fiche A18.

PRÉCAUTION DE MISE EN ŒUVRE

La période de réalisation des travaux est largement conditionnée par des contraintes hydrauliques (basses eaux). Il faut si possible éviter le printemps pour le respect de la faune et de la flore. La fin d'été ou l'automne peuvent généralement concilier ces deux impératifs.

Le chantier doit être conduit de façon à limiter le tassement des terrains par les pelles mécaniques ou les bulldozers. Il est important d'utiliser des matériels présentant une bonne portance (pelles « marais »), d'éviter de circuler avec les engins sur le talweg, de décompacter le sol en fin de travaux...

Dans les bras marécageux, les précautions doivent être maximales.

Les travaux peuvent être réalisés par biefs déconnectés les uns des autres par des films synthétiques. Le film à utiliser peut être de continuité et d'épaisseur variables : films de polyéthylène voire une couche de graviers propres.

Il est préférable de travailler sans mise en suspension des matériaux et donc d'utiliser des dragues pneumatiques plutôt que des dragues à godets ou même des suceuses. Les draglines dont le godet peut être projeté à plus de 20 mètres, sont à éviter.

La mise en place d'un barrage flottant autour de la zone de curage en phase de chantier permet de retenir localement une grande partie des fines et de protéger les secteurs aval non concernés par les travaux.

DESTINATION DES MATÉRIAUX EXTRAITS

Les matériaux extraits représentent des volumes généralement importants. Ils peuvent être :

- déposés sur les berges : à éviter car ils favorisent le développement des plantes rudérales et peuvent accentuer la pente des berges,
- étalés dans les environs (sous-bois...) : mêmes inconvénients que précédemment dans une moindre mesure,
- évacués complètement : cette solution est préférable,





mais coûteuse. Il faut d'ailleurs savoir que la mise en remblai de ces matériaux en lit majeur peut être interdite (entrave à la circulation des crues).

Remarque. Suivant la quantité et la qualité des matériaux extraits, le maître d'ouvrage doit interroger les services compétents de l'État pour préciser le contexte juridique de l'action de décolmatage (loi sur l'eau, code minier...).

SUIVI DES EFFETS DU DÉCOLMATAGE

Le rehaussement du niveau de la nappe peut être évalué par un :

- suivi piézométrique²⁴,
- suivi de la végétation hygrophyle²⁵.

La pérennité du décolmatage est vérifiée par un suivi régulier de l'épaisseur des dépôts (inspections à la tarière).

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Henry C., Amoros C., Giuliani Y., 1995. Restoration ecology of river in wetlands : An example in a former channel of the Rhône River. Environmental Management, New-York.

BURGÉAP, 1999. Plan de gestion du réseau hydrographique du Parc de Loisirs de Miribel-Jonage. SEGAPAL.

Étude interagences n° 62 de janvier 1999. Limnologie appliquée au traitement des lacs et des plans d'eau.





CRÉATION DE VASIÈRES LITTORALES



OBJECTIFS

La création de vasières permet de rendre à un milieu qui a été dégradé⁶⁶, ses qualités fonctionnelles tant du point de vue de la ressource en eau⁶⁷ (fonctions épuratoires) que pour sa vocation patrimoniale⁶⁸ (forte productivité biologique).

MISE EN ŒUVRE

EXAMEN PRÉALABLE :

Avant toute action, trois types de contraintes doivent être étudiés pour permettre à la vasière d'assumer pleinement ses fonctions épuratoires et qu'elle soit attractive pour les poissons, les crustacés et les oiseaux et cela de façon pérenne.

• Contraintes liées aux besoins biologiques

La création de vasières nécessite :

- une circulation régulière de la marée pour recréer un rythme d'immersion/émersion des terrains et permettre ainsi aux oiseaux comme aux poissons d'accéder à ces milieux,
- une salinité supérieure à 5 ‰ nécessaire à l'installation des nurseries de poissons plats et de crevettes,
- une submersion importante des terrains pour limiter la prolifération des roseaux,
- une continuité des milieux créés, pour un effet de masse favorable aux oiseaux,
- une présence à proximité d'une faune benthique* intéressante.

• Contraintes hydrosédimentaires

Pour éviter un envasement rapide qui détruirait la vasière, il est important de déterminer par calculs numériques :

- les profils des chenaux à adapter à chaque projet en fonction des courants locaux,
- la forme des chenaux qui doit être celle d'un bassin versant le plus similaire possible avec des réseaux naturels préexistants,
- les dimensions du seuil d'alimentation, qui assure la communication avec l'estuaire,
- la protection du seuil par enrochements,
- l'aménagement de point bas.

• Contraintes de mise en œuvre

La création de vasière implique d'étudier préalablement :

- les voies d'accès au site nautique, terrestre pour les engins d'extraction,

- la gestion des déblais : l'évacuation hors du site a un coût prohibitif; le stockage sur place réduit les surfaces de balancement des marées; le rejet au fleuve remet en circulation les polluants stockés dans le sédiment.

Il faut étudier au cas par cas la faisabilité d'un stockage terrestre ou d'une réutilisation des matériaux extraits.

L'ensemencement des différentes espèces végétales a lieu la plupart du temps naturellement dans l'estuaire de la Seine, ce qui n'est pas forcément le cas.

A l'heure actuelle, seul l'estuaire de la Seine a fait l'objet d'une telle opération. Aussi, cette fiche est-elle issue du travail de synthèse réalisé par la Cellule du suivi du littoral Haut-Normand (cf. « Pour en savoir plus »).

LA RÉALISATION

La réalisation de vasière s'effectue par extraction du sédiments côtiers, jusqu'à une certaine cote variable selon les projets.

La création de vasières dans l'estuaire de la Seine en 1990

Dans le cadre des mesures compensatoires du Pont de Normandie, il a été décidé de reconstituer des vasières dans l'estuaire de la Seine dans la zone de balancement des marées.

Différentes variantes ont été étudiées. La variante retenue a consisté à élargir des chenaux naturels débouchant en Seine par des brèches accidentelles dans les digues. La surface draguée était de 12 ha soit 180000 m³ de produits de dragage. La surface de vasières disponible compte tenu des vasières naturelles était de 21 ha. La technique de dragage choisie a été une technique terrestre à la dragline (grue munie d'un godet au bout d'un câble, ayant un rayon d'action de 20 m et permettant de creuser des chenaux de 40 m de large). Le stockage des déblais s'est fait à la périphérie des chenaux sur une hauteur de 1 m. Les travaux ont commencé en avril et ont été achevés en juillet 1990. Dix huit mois plus tard, le bilan provisoire montrait que la faune benthique attendue s'est effectivement installée, avec son cortège de poissons et d'oiseaux, mais que la sédimentation est plus forte que prévu et nécessite d'entretenir le système pour en prolonger la durée de vie.*

A l'heure actuelle, en raison des conditions hydrologiques locales, sur les 22 ha d'origine, il ne reste plus que 12 hectares de vasières le reste ayant été comblé.

Coût de l'opération : 6,45 MF en 1990.





Les sites situés en estuaire sont soumis à la marée et difficiles d'accès par terre comme par mer.

Deux techniques d'extraction sont possibles :

- la technique par voie maritime et dragage hydraulique,
- l'excavation à la dragline par voie terrestre et dépôt des déblais de part et d'autre des chenaux créés.

Des projets de vasières sont étudiés à l'heure actuelle par la Cellule du suivi du littoral Haut-Normand, par deux autres techniques :

- via la création de zones de calme associées à des îles dans un estuaire (projet en cours d'étude),
- le reméandrage d'un chenal de navigation (projet en cours d'étude).

Une fois la végétation installée, la pérennité du milieu peut être favorisée par une gestion pastorale du milieu : les chevaux de Camargue par exemple, friands de roseaux (progression de 50 à 100 m par an), limitent leur développement^{az}.

LES RÉSULTATS

Dans le cas de l'estuaire de la Seine, l'objectif qui était essentiellement patrimonial a été atteint mais la tendance au comblement est une contrainte majeure (voir encadré). On ne dispose pas d'information sur l'impact de cette opération vis-à-vis de la ressource en eau.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

M. C. Bessineton, Cellule du suivi du littoral Haut-Normand, 4 rue du Colonel Fabien, 76083 Le Havre CEDEX.
Tél. : 0235426090, fax : 0235224750. Mail : cslhn@compuserve.com

BIBLIOGRAPHIE

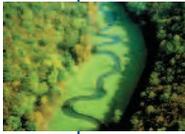
Bessineton C. 1991. La création de vasières artificielles dans l'estuaire de la Seine. Colloque Génie côtier/Génie civil, Nantes.

Cellule du suivi du littoral Haut-Normand, 1999. Étude sur la restauration et la création de vasières intertidales.





RESTAURATION DU LIT MAJEUR



DÉFINITION

Le lit majeur est l'espace inondable lors des crues supérieures à la crue biennale. L'espace inondé pour des débits inférieurs est le lit mineur. La limite extérieure du lit majeur correspond à la limite de la plus grande crue connue (au moins centennale).

La restauration des lits majeurs vise à permettre le retour de l'inondation dans des zones naturelles devenues plus ou moins insubmersibles, généralement à la suite d'aménagements⁹⁶. Cette démarche n'est envisageable que dans le cadre d'une gestion concertée entre tous les acteurs, dans des secteurs dépourvus d'enjeux forts (habitations, entreprises...).



Photo J.-L. Michéler

À Miribel-Jonage (69-01), la réouverture d'anciens bras du Rhône a favorisé la diffusion des crues dans la plaine.

OBJECTIFS

Le maintien et la restauration des inondations des lits majeurs est favorable à l'ensemble des fonctions de l'hydrosystème fluvial :

- expansion des crues⁹¹ (abaissement des lignes d'eau, écrêtement), contribuant à la protection des riverains,
- patrimoine naturel, souvent très riche en zone inondable⁹⁸,
- épuration des eaux^{95, F6, F7},
- recharge des nappes⁹³.

Les objectifs précis (étendue et fréquence des inondations souhaitées) et les opérations à mener sont généralement établis à l'aide d'un modèle mathématique hydraulique.

MISE EN ŒUVRE

Il s'agit de permettre de retrouver une inondabilité plus naturelle dans un espace devenu moins submersible.

L'application de ce principe peut se traduire par des travaux d'ampleur très variable.

RESTAURATION DES ÉCOULEMENTS DANS UNE PLAINE ALLUVIALE

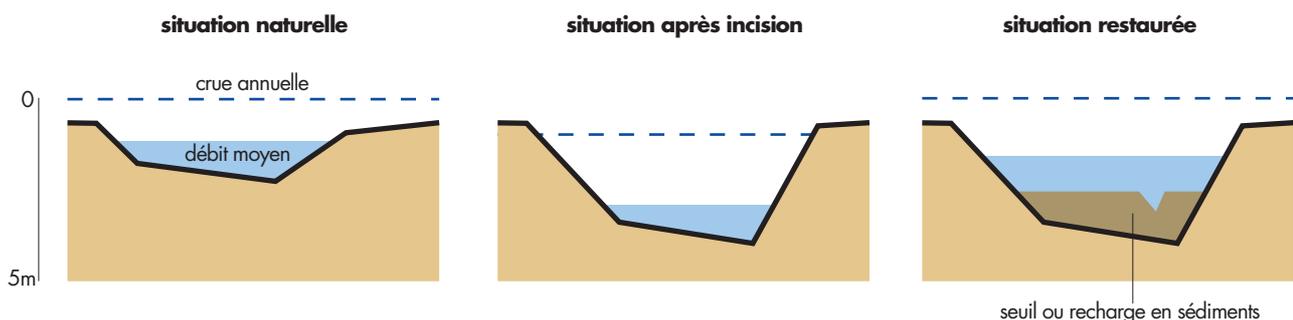
Les débits de crues peuvent être concentrés sur un axe principal à cause d'obstacles à leur diffusion dans la plaine. Il est généralement souhaitable de supprimer ces obstacles :

- enlèvement des remblais obstruant le passage des eaux (parfois, simples levées de terre);
- nettoyage des anciens bras atterris et en cours de boisements (enlèvement des arbres dans le talweg, des bouchons de sédiments...);
- création d'ouvertures dans les levées naturelles de berge, permettant une inondation plus rapide de la plaine.

Dans le cas d'une rivière fortement incisée, l'inondation ne peut plus se produire correctement, ce qui aggrave les débits à l'aval. Dans ces conditions, il peut être important de relever le plancher alluvial : recharge du débit solide (remobilisation des sédiments, reprise de l'érosion des berges⁹¹...), implantations de seuils⁹⁶...

De telles opérations, très délicates, nécessitent un savoir-faire peu répandu; elles doivent être accompagnées de précautions importantes :

- éviter une accélération du transit des crues dans la plaine par un « nettoyage » trop radical,
- ne pas dégrader de milieu naturel sensible,
- ne pas réaliser les travaux durant le printemps (zone d'activité biologique maximale) et autres périodes de fraie des poissons.





CRÉATION D'OUVERTURES DANS DES DIGUES

Dans certains cas, il peut être possible de créer des ouvertures dans des digues, de façon à laisser revenir l'inondation dans la plaine.

Cette opération peut être volontaire et contrôlée. Le marais de la Baumette (Maine) est un ensemble de prairies (130 ha) très inondables sur la rive gauche du Maine peu en amont de son confluent avec la Loire; il présente un intérêt exceptionnel en tant que frayère pour le brochet et zone de nidification pour le râle de genêts. La richesse de ce site est menacée par l'enfoncement du cours d'eau (assèchement des frayères), la plantation de peupliers...

Dans le cadre du Plan Loire Grandeur Nature, l'entrée des hautes eaux dans le marais a été facilitée par amélioration des systèmes de vannes. Les consignes d'ouverture et de fermeture de ces vannes résultant d'une recherche d'équilibre entre fonctions de l'espace. Des mesures agri-environnementales (fauche après le 20 juin ou le 10 juillet) complètent cette gestion hydraulique.

L'expérience du Kühkopf

Au Kühkopf, dans la partie allemande de la vallée du Rhin (Land de Hesse), une crue a créé en 1983 une brèche dans une digue destinée à empêcher l'entrée des hautes eaux d'été dans une zone de 700 hectares (400 cultivés intensivement et 300 en forêt).

Les autorités ont choisi de pérenniser cette situation; la brèche a été maintenue; les cultures ont été transformées en prairies de fauche ou évoluent naturellement vers la forêt.

Le suivi de ce phénomène a montré une évolution rapide et positive. Les inondations induisent le remplacement des espèces banales et très concurrentielles par des espèces typiquement alluviales. Des espèces d'insectes rares des milieux pionniers ont été retrouvées pour la première fois depuis des décennies.

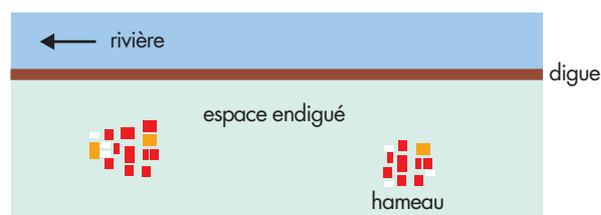
Le site participe à nouveau à la régulation naturelle des crues du fleuve, et peut-être à la recharge de la nappe.

DÉPLACEMENTS OU SUPPRESSION DE DIGUES

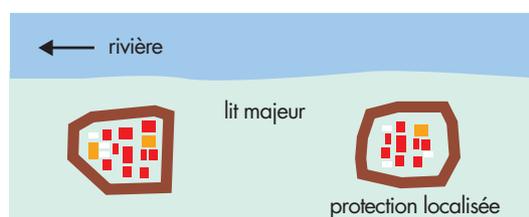
Dans d'autres cas, il est possible d'envisager une restauration plus fondamentale du lit majeur, en éloignant de la rivière les digues de protection contre les inondations, voire en les supprimant. De telles opérations sont lourdes et coûteuses.

De façon générale, il est souhaitable de limiter les endiguements aux seuls secteurs très sensibles (zones d'habitats) et de conserver ou restaurer l'inondation dans le reste de la plaine (espaces agricoles ou naturels).

endiguement classique



endiguement adaptée



Cette approche est actuellement à l'étude pour la mise en place de la stratégie de protection contre les fortes crues de la Loire, en Loire moyenne, dans le cadre du Plan Loire Grandeur Nature.

CRÉATION DE LIT MAJEUR PAR EXCAVATION

Dans certains sites très anthropisés, il peut être intéressant de créer un lit majeur artificiel. Il s'agit d'excaver le sol en bordure de rivière de façon à abaisser la ligne d'eau en crue, voire d'assurer une certaine rétention des eaux. Ce type d'opération peut s'accompagner de la création de zones humides.

La Bear Brook

De nombreuses opérations de création de lit majeur/zones humides ont été mises en œuvre au Royaume-Uni.

La rivière Bear Brook (est d'Oxford) a été rectifiée dans les années 1960. Elle a été réhabilitée sur un kilomètre en 1993 : reméandrement, création d'une zone d'expansion des crues abaissée, comprenant des points d'eau et des espaces marécageux... (River Restoration Centre 1998)





RESTAURATION DU LIT MAJEUR



POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Degardin (F.), Gaide (P.A.), 1999. Valoriser les zones inondables dans l'aménagement urbain. Repères pour une nouvelle démarche. CERTU, Ministère de l'aménagement du Territoire et de l'environnement. 231 p.

River Restoration Centre, 1998. Audit of 20 Rehabilitation Projects. Environment Agency, Thames Region.

PÔLES DE COMPÉTENCES

CERTU, Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques. 9 rue Juliette Récamier, 69456 Lyon CEDEX 06. Tél. : 0472745959.

Équipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature. s/c Agence de l'Eau Loire-Bretagne, BP 6339, 45063 Orléans CEDEX 2. Tél. : 0238691828, fax : 0238693802.

Institut des plaines alluviales, Auen Institut, WWF, Josefstrasse 1, D-7550 Rastat, Allemagne.





GESTION DES REJETS



OBJECTIF

Limiter les arrivées de flux polluants vers la zone humide^m.

MISE EN ŒUVRE

Pour limiter les flux polluants vers la zone humide, les actions à envisager par le gestionnaire de cet espace sont les suivantes.

IDENTIFIER LES REJETS

La première action à mener est l'identification des rejets ponctuels ou diffus dans la zone humide ou dans son bassin versant^v. Une enquête auprès de la DDAF, de la DRIRE de l'Agence de l'Eau et des communes riveraines peut permettre de préciser le volume et la nature des rejets.

CONNAÎTRE LE CONTEXTE LÉGISLATIF

Une fois les rejets identifiés et quantifiés, le gestionnaire peut vérifier l'application des outils réglementaires et législatifs (loi sur l'eau du 3/1/92 et décret 93-743 du 29/3/93) auxquels sont soumis ces rejets et le cas échéant, faire les démarches nécessaires auprès des autorités ayant la Police de l'Eau pour que ces outils soient appliqués. Le pouvoir du gestionnaire est malheureusement très limité et ne peut concerner que des enquêtes préalables et une incitation à la mise en œuvre de traitements. Il peut néanmoins constituer un moteur incitatif fort auprès des autorités ayant la Police de l'Eau.

DÉFINIR DES ACTIONS AVEC LES ENTITÉS CONCERNÉES

Différents types de mesures permettent aux « pollueurs » mis en cause de traiter correctement leurs rejets. Les coûts de traitements de rejets sont parfois onéreux, mais font l'objet le plus souvent de subventions publiques.

Rejets ponctuels. Déplacer le point de rejet ou améliorer le traitement des effluents

Déplacer des points de rejet :

- Les rejets doivent être déplacés vers le milieu le moins vulnérable possible, en recherchant notamment les zones favorables à l'autoépuration. Des droits de passage ou des acquisitions foncières sont souvent nécessaires.

Améliorer le traitement des effluents :

- Les industriels doivent traiter de manière optimale leurs effluents.
- Les stations d'épuration doivent être réhabilitées quant elles sont saturées. La mise aux normes de l'assainisse-

ment individuel et de l'assainissement pluvial (régulation des débordements des déversoirs d'orage) doit être menée parallèlement. Il faut réfléchir au niveau du bassin de collecte à un système d'assainissement et avoir une approche cohérente sur l'ensemble des rejets.

- Dans ce contexte, si l'enjeu le justifie, des dispositifs de traitement des eaux de ruissellement de surfaces urbanisées sont mis en place. Des bassins de décantation/infiltration récoltent les eaux issues du lessivage des parkings, routes, autoroutes etc. avant rejets dans le milieu naturel.
- Des dispositifs de surveillance et de sécurité peuvent être mis en place pour parer à des pollutions accidentelles : vannage pour l'alimentation d'une annexe fluviale asservi à un dispositif automatique de mesures physico-chimiques, ou de type « truito-test », bassin de rétention à ouverture/fermeture commandée à distance etc. Ces dispositifs existent notamment sur certains sites pour l'alimentation en eau potable ou sont prévus dans le cas de la réalimentation d'annexes fluviales (Miribel-Jonage, 69).

Les rejets diffus :

- Le gestionnaire, les services de l'État (DDAF), et la chambre d'agriculture peuvent instaurer un dialogue avec les agriculteurs pour les inciter à épandre les fertilisants et phytosanitaires en quantité « nécessaire et suffisante » (mise en place de mesures agri-environnementales⁴¹, de convention type « Fertimieux »), à mettre des dispositifs de limitation des eaux ruisselées : haies, bandes enherbées⁴²... et à ne pas labourer et semer leurs parcelles jusqu'au bord de cours d'eau, de l'étang, de l'annexe fluviale.

Pollution stockée par les sédiments :

- L'étude de la toxicité des sédiments (mesures physico-chimiques et/ou hydrobiologiques) permet de connaître les relargages possibles *in situ*. En cas de pollution avérée des sédiments, un curage peut être envisagé dans certaines conditions.

SUIVRE LES IMPACTS DES ACTIONS ENGAGÉES

Quand cela est possible, un suivi quantitatif et qualitatif des rejets^v traités est nécessaire pour connaître l'impact des actions menées : localisation, nombre, nature et quantité de produits rejetés, taux de traitement...

Le suivi de la qualité physico-chimique des eaux souterraines et des eaux superficielles⁴³, ainsi qu'un suivi hydrobiologique⁴⁴ permettent d'évaluer les impacts des actions menées dans la gestion des rejets.

Dans tous les cas, le gestionnaire doit s'impliquer dans les instances locales de concertation et de décision de façon à faire valoir l'intérêt écologique du milieu dont il a la responsabilité.





S'il n'a pas la responsabilité propre des rejets concernés ni l'autorité pour intervenir directement, il peut apporter des arguments pour inciter à des décisions favorables à ses intérêts.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Loi sur l'Eau du 3/1/92 et décret 93-743 du 29/3/93.

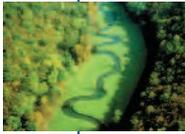
BIBLIOGRAPHIE

Ouvrage collectif, 1996. Aménagement et gestion des rivières, volume 2, Fiches méthodologiques et techniques, GRAIE.

Étude interagences n° 62. Limnologie appliquée au traitement des lacs et des plans d'eau.

Agence de l'eau Artois-Picardie, 1998. Faut-il curer? Pour une aide à la prise de décision.





RÉAMÉNAGEMENT DE CARRIÈRES EN EAU

DÉFINITION

Les carrières en eau (gravières, sablières...) constituent des atteintes à la ressource en eau. Elles doivent être conçues de façon à limiter ces impacts^{MP}.

En outre, elles peuvent souvent être réaménagées de façon à présenter un intérêt pour le patrimoine naturel et la ressource en eau.

OBJECTIFS

Le réaménagement doit être étudié en fonction d'objectifs précis, dès la conception du projet.

EAU POTABLE

Pour qu'une gravière présente un intérêt en matière d'eau potable, elle doit permettre le stockage d'un volume important et un renouvellement rapide de l'eau. La qualité de l'eau doit également être suffisante, en particulier pour les matière organique et les nitrites.

PIÉGEAGE DES NUTRIMENTS* ET MES

Des plans d'eau successifs alimentés par les crues peuvent permettre un piégeage de nutriments et de MES.

EXPANSION DES CRUES

Pour jouer un rôle dans ce domaine, une gravière doit présenter une rugosité hydraulique maximale : îles et berges basses et boisées. Aucun remblai ne doit entraver le passage des eaux.

BIODIVERSITÉ*, PÊCHE

Ces fonctions nécessitent différentes conditions : berges sinueuses et en pente douce, berges sinueuses, faibles profondeurs, sur une partie du site, protection de certaines berges contre le vent ou les vagues...

BAIGNADE, LOISIRS NAUTIQUES

La baignade nécessite des berges très régulières (limitation des risques de noyade) et une bonne qualité de l'eau. Elle n'est possible qu'en cas de renouvellement correct de l'eau et de concentrations modestes en nutriments, limitant la prolifération du phytoplancton.

Dès l'origine du projet, il est nécessaire de réfléchir à l'organisation future de ces fonctions. La technique la plus simple repose sur le zonage : une partie du site est affectée aux loisirs, une autre au patrimoine naturel... Cette méthode peut présenter des faiblesses : si le gestionnaire attribue une fonction « oiseaux » à un petit plan d'eau et

une fonction « loisirs » à un grand plan d'eau, il est probable que les oiseaux d'eau tenteront de stationner sur le plan d'eau « loisirs ». Dans ces conditions, le partage des fonctions peut être plus souple : une partie du plan d'eau loisirs peut être interdite aux activités nautiques pendant une période de l'année...

Miribel-Jonage (01-69) : un partage des fonctions

Sur ce site, les fonctions sont réparties dans l'espace et le temps avec une certaine souplesse :

- le plan d'eau le plus vaste (250 ha), à l'aval du site, est dévolu à la production d'eau potable (secours) et aux loisirs. Il est souhaitable d'y éviter la prolifération des plantes aquatiques : faucardage, limitation des apports. Une place est laissée à la nature : certains périmètres sont interdits aux embarcations en hiver.
- les 5 plans d'eau situés à l'amont (de 10 à 60 ha) sont dévolus au patrimoine naturel et à l'éducation à l'environnement. Ils servent de zones de piégeage des MES et nutriments* provenant des crues et de la nappe. Ces apports favorisent le développement de la faune et la flore. La pêche en barque est autorisée dans les secteurs et aux périodes les moins sensibles.

MISE EN ŒUVRE

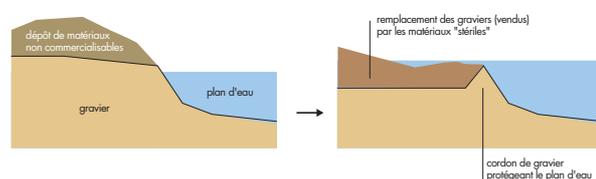
ORGANISER LA RÉHABILITATION

La réhabilitation est à la charge de l'extracteur.

Il est souhaitable de réhabiliter le site au fur et à mesure de l'avancement de l'extraction, afin de limiter les reprises de terrassements, très onéreuses, et de limiter l'impact paysager des travaux. Cette formule permet également de mieux contrôler les entreprises (phases intermédiaires de contrôle de l'exécution du projet).

La réhabilitation de sites ayant fait l'objet d'extractions anciennes est beaucoup plus difficile, mais elle peut parfois s'envisager : aménagements ponctuels financés hors extraction, reprise de zones précédemment remaniées. Ce type d'intervention doit être engagé avec beaucoup de prudence, en particulier en matière de qualité de l'eau (les

Réhabilitation d'un site après extraction





matériaux déposés sous le niveau de la nappe doivent être pauvres en matières nutritives afin de ne pas entraîner l'eutrophisation* du plan d'eau voisin).

STRUCTURER LE SITE SUR LE PLAN HYDRAULIQUE

Le fonctionnement hydraulique du site réhabilité doit être analysé en détail :

- le risque de capture de la gravière par une rivière proche doit être évalué; si un risque important existe, il est souhaitable de le prévenir (protections de berges).
- le gestionnaire souhaite souvent réunir plusieurs petits plans d'eau afin d'en constituer un grand, plus riche écologiquement. Cette opération est efficace, mais elle ne doit être mise en œuvre que si elle n'entraîne pas un abaissement de la nappe à l'amont du site.
- une liaison directe entre la gravière et la rivière proche peut apparaître souhaitable, en particulier pour permettre les circulations des poissons. Cette mesure n'est acceptable que si la liaison ne constitue pas un drain des plans d'eau et de la nappe.

FAVORISER LE DÉVELOPPEMENT DE LA FLORE ET DE LA FAUNE

Cet objectif demande un travail à plusieurs niveaux :

- création d'un modelé favorable^{A17} : berges en pente douce, création d'îles...
- reconstitution d'une végétation intéressante^{A27}.

COMPRENDRE ET MAÎTRISER L'ÉVOLUTION DU MILIEU

L'intérêt que peut présenter une ancienne gravière peut être réel, mais il est extrêmement fragile; l'évolution spontanée du milieu conduit très souvent à une banalisation et une dégradation du milieu. Il convient donc de prévoir, de suivre et de contrôler cette évolution :

- **Dégradation de l'eau et de ses usages** : sédimentation, érosion régressive, eutrophisation, déversements de déchets... Des mesures peuvent limiter les risques de dégradation : plans d'eau tampons, renaturation de terres agricoles proches des plans d'eau, gestion des accès motorisés au site...
- **Banalisation de la végétation**. Le boisement inéluctable des berges entraîne la disparition des communautés pionnières, les plus intéressantes écologiquement (vasières, cariçaies...). Cette évolution peut être ralentie : utilisation de matériaux peu fertiles, créations d'îles fréquemment immergées... La végétation peut également être contrôlée (débourssaillage régulier...).

- **Augmentation de la fréquentation**. Le site, une fois « découvert » par les riverains, risque de connaître une surfréquentation. Un plan de contrôle de la fréquentation doit être conçu dès l'origine : éviter un accès motorisé jusqu'au bord de l'eau, conserver des zones difficilement accessibles (îles, plans d'eau éloignés...).

SUIVI

Le suivi devra être élaboré par rapport aux fonctions de la carrière. On peut toutefois préconiser de façon systématique un suivi physico-chimique²⁸ destiné à connaître l'eutrophisation, des bathymétries²⁹ en cas de sédimentation...

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

- Andrews (J.), Kinsman (D.), 1990. Gravel pit restoration for wildlife. A practical manual. Tarmac, RSPB-RSNC, 184 p.
- Kovacs (J.-C.), Le Bloch (F.), 1995. Zones humides et carrières en Ile-de-France. URPG, 32 p.

ÉTUDE DE CAS

K 12 : La Bassée

AUTRES EXEMPLES DE RÉHABILITATION

Miribel-Jonage (69, 01) : réhabilitation de 200 hectares de gravières alluvionnaires. SYMALIM, chemin de la Bletta, 69 120 Vaulx-en-Velin. Tél. : 0478803067, fax : 0472040795.

Meuse (Pays-Bas) : restauration des berges d'une rivière canalisée. Border Meuse Project Bureau, PO Box 5700, NL6202 MA, Maastricht, Pays-Bas. Tél. : 3143897373.

ADRESSES UTILES (DOCUMENTATION)

RSNC, The Green, Nettleham, Lincoln LN2 2NR. Tél. : 0522752326, Royaume-Uni.

Union Régional des Producteurs de granulats d'Île-de-France (URPG), Comité National de la Charte sur les granulats, 3, rue Alfred Roll, 75849 Paris. Tél. : 0144014701, fax : 0146225974.





PROFILAGE DES BERGES D'ÉTANGS OU PLANS D'EAU



DÉFINITION

Dans différentes situations, le gestionnaire d'une zone humide peut être amené à modifier les berges d'un plan d'eau : réhabilitation d'anciennes gravières¹⁷, recréusement d'étang ou d'annexe fluviale¹⁸...

La topographie des berges doit faire l'objet d'une attention particulière.

OBJECTIFS

Un projet de terrassement de berge d'un plan d'eau peut répondre à différents objectifs :

- favoriser le développement d'une végétation diversifiée;
- permettre la reproduction ou le stationnement des oiseaux d'eau, et de la faune en général;
- limiter les risques d'érosion par les crues ou le ruissellement;
- assurer un piégeage des nutriments* issues des eaux de la nappe ou du ruissellement;
- favoriser certaines activités de loisirs (pêche, baignade).

MISE EN ŒUVRE

DÉFINIR LE PROFIL EN TRAVERS DES BERGES

La zone de la berge située entre le niveau d'étiage et le niveau des hautes eaux annuelles est la plus intéressante pour la plupart des fonctions de l'espace.

Le réaménagement des berges doit donc viser à étendre au maximum cette zone.

Il est souhaitable de favoriser les pentes les plus faibles possibles, sur l'ensemble des berges, mais surtout autour du niveau moyen des eaux.

Il est indispensable de bien connaître les fluctuations de niveaux des plans d'eau, de façon à caler correctement les berges réhabilitées.

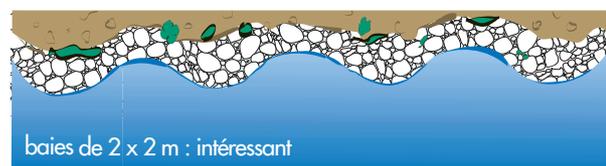
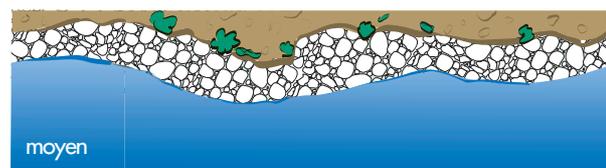
Le tableau de la page 2 décrit de façon schématique les types de profils qui peuvent être choisis en fonction de différents objectifs.

Les profils peuvent être étudiés de façon beaucoup plus fine pour permettre d'accueillir telle ou telle espèce animale ou végétale, demandant des niveaux d'eau précis.

DÉFINIR UN PROFIL EN LONG LE PLUS SINUEUX POSSIBLE

Il est souhaitable de réaliser des berges très sinueuses, de façon à en augmenter le linéaire.

Il est préférable de créer des « baies » relativement grandes le long des berges (de l'ordre de 10x10 mètres) de façon à offrir la meilleure résistance à l'érosion et des territoires corrects pour l'avifaune aquatique.



D'après Anclève et Krümmen 1993

LIMITER LES IMPACTS DU VENT

Sur les plans d'eau de taille moyenne à grande, le vent provoque des effets indésirables, en créant des vagues qui rendront l'implantation de la végétation très difficile sur les berges, et en limitant le stationnement des oiseaux d'eau.

Il est donc important de limiter ces impacts :

- réalisation d'îles protégeant du vent dominant des surfaces d'eau libre,
- aménagement des berges de façon à casser les vagues avant la berge (pentes très douces, merlon immergé de graviers, fascines voire enrochements au devant de la berge...).





Objectifs	Type de berge	Remarques
Recréer une zonation « naturelle » de la végétation riveraine		La pente la plus faible possible est à privilégier : 1/10, 1/20.
Créer une bande de végétation palustre		Une banquette plane à 0,5-1 m sous le niveau des eaux moyennes est intéressante pour la végétation; elle permet le maintien des sédiments fins sur la berge.
Résister à l'action des vagues		D'autres solutions sont possibles : berges en pente très douce sous l'eau, merlon d'enrochement cassant les vagues...
Augmenter le linéaire de berge, créer des sites de nidification tranquilles pour les oiseaux		Ce profil (« triple berge ») est intéressant pour des plans d'eau de petite taille.
Favoriser les oiseaux et insectes des falaises sableuses		Ce profil présente une faible pérennité à cause de l'érosion liée au ruissellement.
Favoriser un boisement humide (améliorer la rugosité, favoriser le castor, les oiseaux de ripisylves*)		Il est souhaitable de privilégier la zone située à 0-1 m au dessus du niveau moyen du plan d'eau.
Permettre la pêche		Une berge en pente trop douce sous l'eau favorise les plantes aquatiques peu profonde, ce qui gêne la pêche.

MULTIPLIER LES ÎLES

Les îles constituent des éléments forts de tous plans d'eau, par leur potentiel avifaunistique (sites de tranquillité) et leur attrait paysager. Il est donc intéressant de les multiplier si la profondeur du plan d'eau le permet.

Quelques préconisations peuvent être formulées à propos des îles :

- concevoir certaines îles comme abris vis-à-vis du vent (relief assez haut, baie protégée du vent), mais favoriser généralement des îles très basses (moins de 1 mètre au dessus de l'eau);
- créer des îles/hauts-fonds situées sous le niveau moyen des eaux, qui accueilleront une faune et une flore des marais;
- créer des zones à l'abri du vent : hauts-fonds protégés par un merlon de gravier, mare à l'intérieur de l'île...

BIEN CHOISIR LES MATÉRIAUX UTILISÉS

Les berges, îles, hauts-fonds etc. peuvent être constitués de différents matériaux laissés en place, matériaux « stériles », terre végétale... Le choix de l'utilisation de tels ou tels matériaux doit être fait avec prudence :

- les matériaux pollués doivent être identifiés et évacués,
- la terre végétale permet un développement rapide de la végétation,
- un apport de terre dans un plan d'eau peut favoriser son eutrophisation*. Cette situation est intéressante pour certaines communautés végétales classiques. Toutefois, une mare ou une berge taillées dans le gravier en place seront colonisées moins vite par les végétaux, ce qui peut permettre de conserver plus longtemps des stades pionniers* intéressants,
- le déversement dans un plan d'eau de terre végétale ou plus encore des boues de lavage des graviers risque de provoquer le colmatage du fond, réduisant les échanges avec la nappe.





PROFILAGE DES BERGES D'ÉTANGS OU PLANS D'EAU



FAVORISER LA VÉGÉTALISATION DU SITE

Les principes d'implantation et de gestion de la végétation des terrains ainsi remaniés sont décrits dans la fiche A27.



Les berges des plans d'eau réhabilités de Miribel-Jonage ont fait l'objet d'une colonisation spontanée en zone aquatique et d'un semis en zone terrestre.

METTRE EN PLACE UN SUIVI

Le suivi devra être élaboré par rapport aux fonctions du plan d'eau. On peut toutefois préconiser de façon systématique un suivi physico-chimique⁵⁶ destiné à connaître l'eutrophisation^{*}, des bathymétries en cas de sédimentation⁵¹...

ÉLÉMENTS DE COÛTS

Dans le cas des gravières, le coût de réaménagement doit être assuré par l'extracteur.

Ce coût correspond au coût de :

- terrassement : environ 10 F/m³ modelés sur place, plus le coût du transport en cas de déplacement;
- végétalisation des zones terrestres (de l'ordre de 3 F/m² pour une prairie) ou riveraines (implantation d'hélophytes : 30 F/m²).

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Andrews (J.), Kinsman (D.), 1990.- Gravel pit restoration for wildlife. A practical manual. Tarmac, RSPB-RSNC, 184 p.

Comité national d'information chasse-nature, 1991. Aménagement des territoires oiseaux d'eau. Union nationale des fédérations départementales des chasseurs. 48 p.

Kovacs (J.-C.), Le Bloch (F.), 1995. Zones humides et carrières en Ile-de-France. URPG, 32 p.

ÉTUDE DE CAS

K 12 : La Bassée

AUTRES EXEMPLES DE RÉHABILITATION

Arjusax : ancienne exploitation de lignite. Office National de la Chasse, BP 54, Arjusax, 40110 Morcenx. Tél. : 0558079700, fax : 0558081267.

Miribel-Jonage (69, 01) : réhabilitation de 200 hectares de gravières alluvionnaires. SYMALIM, chemin de la Bletta, 69120 Vaulx-en-Velin. Tél. : 0478803067, fax : 0472040795.

Meuse (Pays-Bas) : restauration des berges d'une rivière canalisée. Border Meuse Project Bureau, PO Box 5700, NL6202 MA, Maastricht, Pays-Bas. Tél. : 3143897373.

ADRESSES UTILES (DOCUMENTATION)

RSNC, The Green, Nettleham, Lincoln LN2 2NR. Tél. : 0522752326, Royaume-Uni.

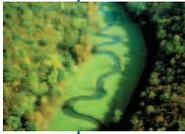
Union Régional des Producteurs de granulats d'île de France (URPG), Comité National de la Charte sur les granulats, 3, rue Alfred Roll, 75849 Paris. Tél. : 0144014701, fax : 0146225974.

Union nationale des fédérations départementales des chasseurs, 48, rue d'Alésia, 75014 Paris. Tél. : 0143278576.





ENTRETIEN ET CURAGE DES ÉTANGS



DÉFINITION

L'entretien des étangs comporte différentes actions de contrôle de la végétation, voire de curage. Ces interventions peuvent être conçues de façon respectueuse pour le milieu naturel.

OBJECTIFS

Les étangs et autres zones humides peu profondes évoluent rapidement par colonisation de la végétation et accumulation de matière organique⁶⁴.

Cette évolution peut limiter les fonctions de la zone humide, en particulier en matière de production piscicole.

Les propriétaires de l'étang peuvent contrecarrer cette dynamique par limitation de la végétation (faucardage) ou recusement (curage). La plupart des étangs peuvent être vidangeables, ce qui facilite ces travaux.

Un entretien trop drastique peut s'avérer négatif pour le milieu naturel.

Certaines précautions peuvent permettre d'optimiser ce type d'intervention. Il s'agit de respecter le patrimoine naturel, mais aussi les zones de frai pour les poissons et les fonctions naturelles de l'étang (autoépuration...).

MISE EN ŒUVRE

CURAGE

Un curage à visée uniquement piscicole (utilisation de l'étang comme site de grossissement de poissons) consiste

en un recusement généralisé. Une telle opération est très négative pour la faune, la flore, le paysage, la chasse (réduction des sites de reproduction).

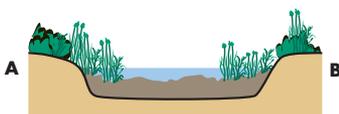
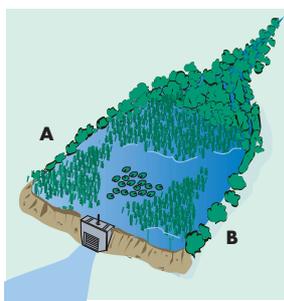
Il est possible de concevoir des curages qui limitent ces impacts négatifs, et qui au contraire, assurent la pérennité du plan d'eau. Différentes précautions doivent être prises :

- **absence d'intervention dans les secteurs sensibles** (queues d'étangs, héronnières...),
- conservation de **profils en pentes très douces**, avec des vasières découvertes en basses eaux,
- **roselières** : conservation d'une superficie suffisamment importante de roselières; ouverture de chenaux dans les massifs denses de roseaux, visant à favoriser la pénétration des oiseaux dans la végétation⁶²,
- **maintien de zones en l'état initial** : des « îlots » non touchés dans l'étang permettent une recolonisation rapide par la végétation,
- **dépôt de terre végétale** sur le sol après recusement : cette mesure favorise le développement de la végétation, sur le terrain souvent stérile (argile) des étangs,
- **évacuation des matériaux de curage** hors de l'étang et de ses berges, de façon à conserver les zones humides. Ainsi, il est important d'éviter de combler les petites mares ou dépressions de la périphérie de l'étang, et qui présentent souvent un intérêt écologique, par exemple en tant que refuge hivernal pour des espèces telles que la tortue cistude.

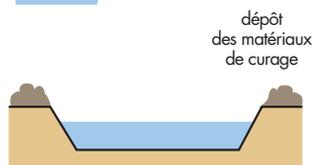
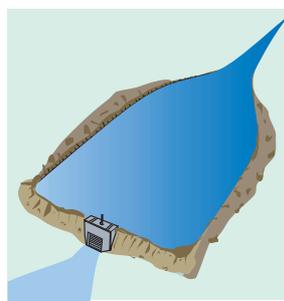
GESTION DES ROSELIÈRES⁶²

Les roselières peuvent être jugées indésirables par les propriétaires d'étangs, en raison de leur manque de productivité piscicole. Il est toutefois important de maintenir des sur-

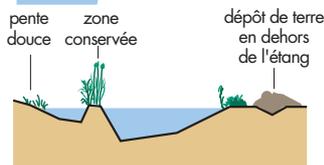
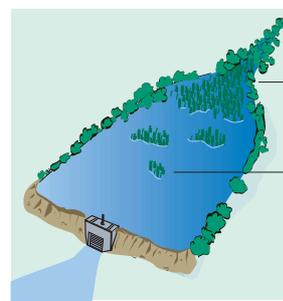
Etat initial : étang en cours d'atterrissement



Recusement généralisé



Recusement raisonné



conservation d'une "queue d'étangs" non curée

conservation de parcelles non curées





faces de ce milieu particulièrement important pour l'avifaune; les roselières les plus intéressantes sont celles qui sont inondées. Des chenaux peuvent être créés dans les massifs compacts, de façon à accroître leur attractivité pour les oiseaux et les poissons.

GESTION DE LA VÉGÉTATION FLOTTANTE

La végétation flottante (châtaigne d'eau, renouées, nénuphar...) peut poser problème lorsqu'elle prolifère : diminution de l'ensoleillement des eaux, entraînant une réduction de la productivité biologique. Les propriétaires d'étangs

La Dombes : une gestion concertée à grande échelle

La Dombes (Ain) compte plus de 1200 étangs, pour un total de 12000 hectares en eau.

Cette région possède un patrimoine naturel de valeur internationale : 50 % des effectifs français de guifettes moustac, 30 à 50 % de ceux du canard chipeau, du fuligule milouin, de la nette rousse, 20000 oiseaux d'eau en hiver, plusieurs dizaines d'espèces de plantes protégées... L'intensification de la gestion agricole et piscicole de cet espace constitue une menace très importante.

Face à ce constat, l'Office National de la Chasse et ses partenaires ont mis depuis plusieurs années un programme ambitieux de gestion concertée (LIFE), reposant sur des conventions, avec attribution de primes aux propriétaires d'étangs qui respectent des règles de gestion :

- reprofilage d'étangs (respect des consignes données par l'ONC),
- roselières : respect des sites importants, créations de chenaux,
- héronnières de petits hérons arboricoles : protection des sites,
- végétation flottante : respect des colonies de guifettes,
- vasières : passage de rotovator pour favoriser la flore et la faune de ce milieu,
- protection des pourtours d'étangs, voire conversion de cultures en prairies.

Ce programme a trouvé un écho favorable auprès des propriétaires : 45 étangs ont été réhabilités, 92 % des colonies de guifettes ont fait l'objet d'une convention, de même que 50 % des sites de reproduction des hérons pourprés, 45 % de ceux de busard des roseaux...

Après cette phase d'expérimentation, l'ensemble de la Dombes fait l'objet d'une opération locale (mesures agri-environnementales), en trois volets :

- création ou gestion de prairies en périphérie d'étangs,
- code de bonne gestion des étangs (cahier des charges général),
- restauration biologique de l'étang.

peuvent limiter cette végétation, mais il est souhaitable que le faucardage épargne certains secteurs, et en particulier les colonies d'oiseaux d'eau, telles les guifettes.

VÉGÉTATION DU POURTOUR DES ÉTANGS

Le maintien d'une diversité maximale du paysage environnant l'étang (bois, cultures, prés) conditionne la richesse de ce complexe écologique; des zones de prairies ou autres milieux naturels limitent les apports fertilisants ou polluants, et permettent des échanges biologiques avec l'étang (reproduction ou alimentation des oiseaux...).

Il est donc très important de limiter l'intensification de l'agriculture en bordure d'étang, en évitant en particulier le contact direct entre les labours et la zone humide.

GESTION DE L'EAU

Certaines préconisations peuvent être formulées dans ce domaine :

- mettre en place une gestion économe; en particulier, synchroniser la gestion des étangs pour que la vidange de l'un entraîne le remplissage d'un autre,
- éviter d'utiliser les nappes phréatiques (pompages) pour remplir les étangs.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

ONC, 1997. L'étang, une question d'équilibre. Principes simples pour la gestion et l'aménagement de l'étang dombitiste. ONC Birieux, 16 p.

Troignon (J.), Williams (T.), 1999. Favoriser la vie des étangs. Nouvelle édition. ATEN.

ADRESSES UTILES

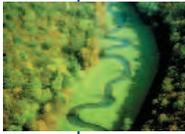
ATEN (Atelier Technique des Espaces Naturels), 2 place Vala, 34060 Montpellier. Tél. : 04 67 04 30 30, fax : 04 67 52 77 93.

Office National de la Chasse, Station de Dombes. Montfort, 01 330 Birieux. Tél. : 04 74 98 19 23, fax : 04 74 98 14 11.





RESTAURATION DES BERGES, DES CANAUX ET DES RETENUES



DÉFINITION

Les berges des retenues hydroélectriques ou des canaux de navigation peuvent être restaurées de façon à permettre l'implantation d'une végétation riveraine.

OBJECTIFS

Ce type de restauration est motivée par l'amélioration du patrimoine naturel, de la pêche, du paysage, voire de l'écoulement des crues ou de la qualité des eaux.

Les actions envisageables visent à limiter les effets des fortes contraintes qui pèsent généralement sur ces milieux :

- berges souvent minérales (enrochements),
- berges abruptes (faible contact terre-eau),
- batillage (effet des vagues créées par le vent ou les bateaux),
- fort marnage* dans certains cas.

MISE EN ŒUVRE

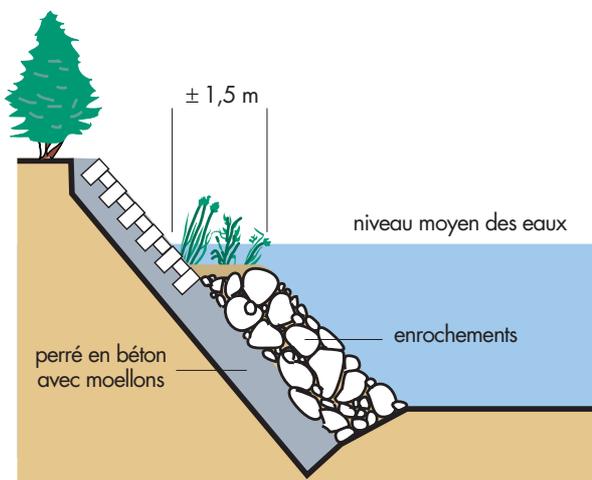
PERMETTRE LA VÉGÉTALISATION DES BERGES CANALISÉES

Les berges enrochées peuvent parfois être végétalisées par apport de terre, semis et protection par implantation de géotextile. Il est possible de réaliser des banquettes où la végétation riveraine pourra se développer (voir schéma ci-contre).

Il est possible d'améliorer cette technique, par la création de « frayères artificielles », zones de hauts-fonds (0,5-1 mètre de fond, 2-5 mètres de large) protégées du chenal de navigation par un merlon limitant le batillage.

Une profondeur plus importante (1-2 mètres) peut être imaginée si l'on souhaite privilégier les herbiers aquatiques par rapport aux héliophytes (roseaux...).

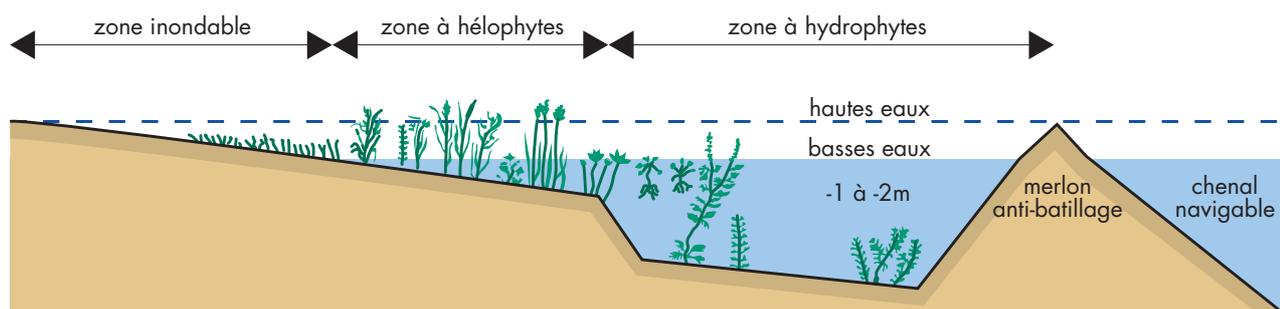
La berge protégée des vagues peut être aménagée en pente douce, de façon à permettre la colonisation par une végétation riveraine.



d'après Verniers 1995

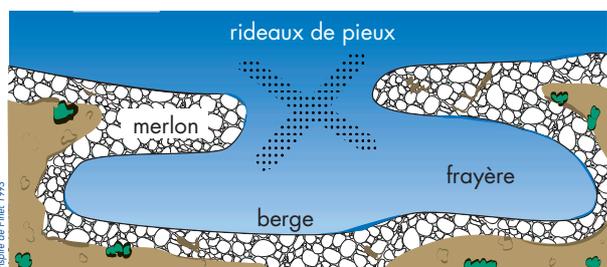


Frayère artificielle sur le Rhône à Ampuis.



Inspiré d'AERU 1997





Des passages entre le chenal et la « frayère » doivent être créés pour permettre la circulation des poissons; leur conception doit permettre d'éviter l'entrée des vagues dans l'annexe. Vue en plan.

Les frayères artificielles risquent de connaître une sédimentation qu'il convient d'accepter ou de limiter (par exemple, calage du merlon au dessus de la cote des hautes eaux).

QUELLE VÉGÉTATION EST ACCEPTABLE POUR LA SÉCURITÉ DES OUVRAGES ?

Hydrauliciens et écologues doivent déterminer ensemble la végétation à favoriser sur des berges endiguées, sans menacer la sécurité des ouvrages. Dans de rares cas, aucune végétation n'est tolérable (berges bitumées...). En général, les roseaux, plantes herbacées et buissons ne posent pas de problème.

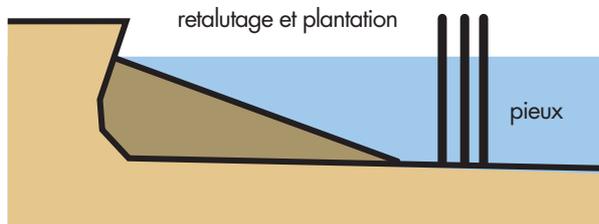
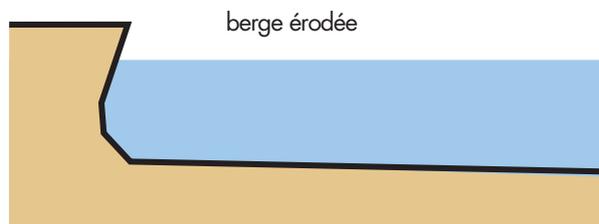
Les arbres doivent être proscrits, sauf sur certaines marges des aménagements. Il est toutefois possible de conserver des arbustes, éventuellement traités en cépées (coupe régulière au niveau du pied) de façon à limiter leur prise au vent (risque de déracinement).

Les enrochements peuvent être « habillés » par recouvrement de terre végétale enherbée.

LIMITER LES EFFETS DU BATILLAGE

Les vagues dues au passage des bateaux ou au vent (grands plans d'eau) peuvent considérablement limiter toute végétation riveraine (érosion des berges). Plusieurs réponses existent :

- limitation de la vitesse des bateaux;
- mise en place (semis ou plantation) de végétaux résistants aux vagues (carex, joncs etc. sur un géotextile; saules). Si les vagues gênent l'installation spontanée des plantes, elles ne peuvent généralement pas faire disparaître une végétation déjà bien implantée;
- limitation de la force des vagues par installation d'un merlon d'enrochement ou de pieux de bois.



VÉGÉTALISER LES BERGES À FORT MARNAGE*

Les berges des retenues à fort marnage sont généralement dépourvues de végétation spontanée. Elles peuvent faire l'objet d'une végétalisation en faveur de l'écologie, du paysage, ou de la lutte contre l'érosion (Fraise 1999). Ces opérations peuvent être pratiquées par semis ou plantations; elles nécessitent d'utilisation de végétaux très adaptés à ce milieu contraignant (plantes d'origine sauvage, espèces différentes pour le haut et le bas des berges...); une protection contre l'érosion (géotextile biodégradable...) favorise l'implantation des végétaux.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

- Fraise (T.), 1999. Protection et végétalisation des zones de marnage des plans d'eau. Guide méthodologique. Les études des agences de l'eau n° 66, 96 p.
- Verniers (G.), 1995. Aménagement écologique des berges des cours d'eau. Techniques de stabilisation. GIREA, ETEC, Presses universitaires de Namur (Belgique), 77 p.

RÉFÉRENCES, PÔLES DE COMPÉTENCES

- GIREA, unité d'écologie des eaux douces, université Notre Dame de la Paix, 5000 Namur, Belgique.
- Compagnie Nationale du Rhône, cellule hydrobiologie, 3 rue André Bonin, 69316 Lyon CEDEX 04. Tél. : 0472006976, fax : 0478299617.





BASSINS DE RÉTENTION DES CRUES



Un bassin de rétention des crues consiste en une zone contrôlée artificiellement afin de stocker un volume d'eau important lors des crues, permettant de diminuer les débits maxima à l'aval (protection des zones d'habitation).

Il est possible de concevoir ou de modifier ces ouvrages afin qu'ils puissent présenter un intérêt écologique.

OBJECTIFS

L'objectif principal de la rétention des crues est de diminuer le débit de pointe en amont des zones urbanisées (écrêtement des crues).

Il est souhaitable que ces équipements soient conçus et gérés de façon concertée et globale, prenant en compte toutes les fonctions de tels espaces : restauration de la submersibilité de zones naturelles, création de zones humides nouvelles, recharge des nappes...

MISE EN ŒUVRE

Le principe repose sur l'inondation volontaire d'un espace naturel, généralement limité par des digues. Une dérivation contrôlée, asservie à un débit-seuil, permet la mise en eau du bassin; après la crue, les volumes d'eau stockés sont progressivement restitués à l'aval, éventuellement de façon à soutenir l'étiage du cours d'eau.

Une logique uniquement hydraulique peut conduire à des impacts négatifs forts en matière environnementale : espace endigué, inondations brutales, très forte hauteur d'eau, assèchement total en dehors des crues... Des expériences récentes montrent que ce type d'opérations peuvent être conçues de façon concertée et globale.

BASSINS DE RÉTENTION LOCALE

Ce principe est souvent appliqué à l'échelle d'une ville et du cours d'eau qui la traverse.

A Vitoria (Pays Basque espagnol), un bassin de rétention a été artificiellement créé sur une ancienne terre agricole (parc de Salburua). La parcelle renaturée a très rapidement présenté un intérêt ornithologique. Un troupeau de daims a été implanté afin de limiter la prolifération des ligneux. Un sentier caché emmène le visiteur à un observatoire situé au centre du site.

Les bassins de stockage des eaux de ruissellement des autoroutes peuvent présenter un certain intérêt écologique, du fait du développement des plantes aquatiques



Le bassin de rétention de crues de Salburua (Vitoria, Espagne).

et de l'interdiction de leur accès. Il est toutefois probable que la contamination par les polluants (métaux lourds...) représente une forte contrainte biologique.

LES POLDERS* DE LA VALLÉE DU RHIN

Afin de rétablir, à l'aval de la chute d'Iffezheim, le niveau de protection contre les crues tel qu'il existait avant la canalisation du Rhin supérieur^{ms}, la France et l'Allemagne ont convenu en 1982 de diverses mesures, dont la restauration des inondations de surfaces limitées de l'ancien lit majeur (« polders »).

Seuls les polders d'Altenheim (Bade-Wurtemberg) et de la Moder (Alsace) sont déjà opérationnels; le polder d'Erstein (sud de Strasbourg, 67), sur la rive française, est en cours d'achèvement.

Les réflexions menées de part et d'autre du Rhin ont montré l'intérêt de concilier l'objectif de protection contre les crues et celui de protection, voire de restauration des milieux naturels rhénans. De nombreuses préoccupations sont ainsi prises en compte à Erstein : réduction des risques de remontée de nappe dans les zones urbanisées, mise en place de zones refuge destinées à minimiser les noyades des animaux stressés...

La périodicité des mises en eau a fait l'objet de diverses propositions (Durbec et al. 1994), adaptées aux spécificités du Rhin supérieur, fleuve aux hautes eaux estivales :

- Mises en rétention, lors des crues exceptionnelles, avec circulation d'eau, en restant dans des limites de hauteur d'eau acceptable pour la végétation (moins de 2,5 m pour la forêt à bois durs).





- Mises en eau à « préférendum » estival, plus régulièrement espacées, avec débordement et circulation d'eau dans la forêt durant quelques jours par an; elles sont destinées à apporter au milieu des éléments nutritifs et à favoriser les espèces alluviales par le jeu combiné de l'accoutumance et de la sélection naturelle.
- Activations, aussi fréquentes que possibles, du réseau hydrographique intraforestier, destinées à recharger la nappe et à restaurer la dynamique de ses battements.

GRANDS RÉSERVOIRS

Certains barrages réservoirs peuvent comporter des zones humides, en particulier dans les zones peu profondes et à faibles pentes.

Les grands barrages du bassin de la Seine (réservoirs Seine, Aube et Marne) ont été conçus dans le seul but de la protection de Paris contre les inondations. Ils ont pourtant acquis un intérêt écologique important du fait de leurs superficies considérables (500 à 4800 ha), de la présence d'îles, de vasières émergeant lors des basses eaux et de leur situation sur un axe important de migration des oiseaux.

Des mesures de concertation ont pu améliorer la compatibilité des fonctions de ces sites : création de plans d'eau annexes gérés prioritairement pour les loisirs, réserve de chasse, gestion écologique des digues...

Les barrages de montagne connaissent une situation plus difficile à cause de l'importance du marnage* et des pentes; les berges peuvent toutefois faire l'objet d'une végétalisation (Fraissé 1999).

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Durbec A., Bravard J.-P., Pautou G., Roux A.-L., 1994. Expertise écologique du projet de Polder* d'Erstein (67). Service de la Navigation de Strasbourg, 59 p.

Fraisse T., 1999. Protection et végétalisation des zones de marnage des plans d'eau. Guide méthodologique. Les études des agences de l'eau n° 66, 96 p.

ÉTUDES DE CAS

K11 : Lac du Der

RÉFÉRENCES

Polder d'Erstein : Service de la Navigation, 2, rue de l'Hôpital militaire, 67084 Strasbourg CEDEX. Tél. : 0388767932, fax : 0388767931.

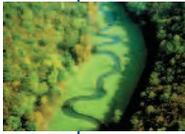
Vitoria : Centro de estudios ambientales, Armentia 23, 01195 Vitoria-Gasteiz, Espagne.

Barrages de la Seine : Institution Interdépartementale des Barrages Réservoirs du Bassin de la Seine, 8 rue Villiot, 75012 Paris.





MISE EN PLACE DE DISPOSITIFS ENHERBÉS



Il s'agit du maintien ou de la mise en place de surfaces enherbées, dans une parcelle cultivée, ou le long d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau. Les surfaces ne sont pas nécessairement longilignes : c'est pourquoi le terme de « dispositifs enherbés » est préféré au terme de « bandes enherbées ».

OBJECTIFS

Les dispositifs enherbés ont pour objectif de réduire le transfert par ruissellement des produits phytosanitaires, des matières en suspension, et dans une moindre mesure des nutriments* vers les cours d'eau et/ou plans d'eau^m.

La mise en place de haies et de dispositifs enherbés constitue des filtres ou des zones « tampons » artificiels. Cette mise en place est rapide, envisageable dans la majorité des situations (contrairement à une forêt alluviale qui demande de nombreuses années de développement).

Le fait de replanter des zones enherbées augmente l'irréversibilité et donc la pérennité du dispositif.

Des expérimentations ont démontré que les dispositifs enherbés permettent une réduction importante :

- des pics de concentration et des flux de phytosanitaires de l'ordre de 70 à 90 % pour des bandes variant de 6, 12 et 18 m,
- de 65 % des nitrates et 50 % de phosphore soluble pour un dispositif de 6 m de large, voire 80 à 90 % pour un dispositif de 12 m de large,
- des matières en suspension de l'ordre de 89 % (dispositif de 6 m) à 99 % (dispositif de 18 m),
- de l'ensemble des volumes de ruissellement; des dispositifs de 6 m peuvent capter 62 % des volumes reçus.

MISE EN ŒUVRE

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

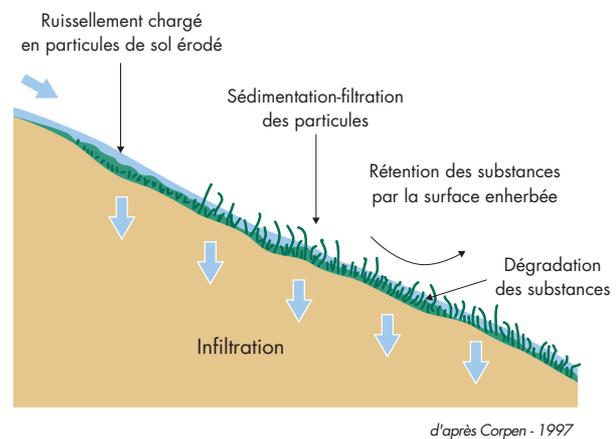
La pluie engendre le ruissellement et l'infiltration. Cette eau de ruissellement entraîne des particules de terre et se charge ainsi en polluants divers : nitrates, phosphores, phytosanitaires... Le dispositif enherbé agit alors selon quatre types de phénomènes :

- la sédimentation : l'herbe ralentit l'écoulement et favorise la sédimentation des particules solides et des polluants associés,
- la rétention des substances : la surface enherbée riche en humus et en débris végétaux fixe les substances polluantes,
- l'infiltration : une part de l'eau de ruissellement s'infiltrate et

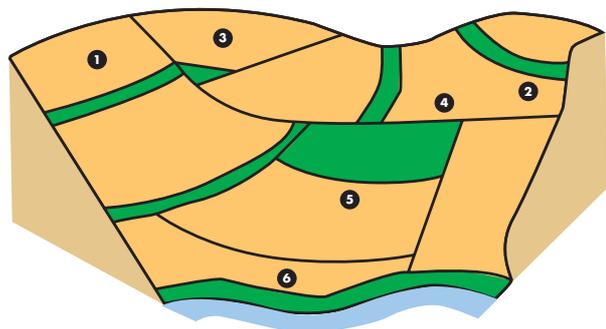
fixe ainsi les substances polluantes dans le sol au niveau des racines,

- la dégradation : la zone racinaire du couvert herbacé constitue un milieu aérobie* (riche en oxygène) favorable à la rétention et à la dégradation bactériologique des substances polluantes, en limitant leur transfert dans les nappes.

Principe de fonctionnement



Emplacement des dispositifs enherbés dans le bassin versant



OÙ ET COMMENT IMPLANter LES DISPOSITIFS ENHERBÉS ?

Les dispositifs enherbés doivent être placés en position d'intercepter le ruissellement diffus ou concentré émis par les parcelles cultivées. Le schéma ci-dessus montre les différentes possibilités de localisation.





Les dispositifs sont donc susceptibles d'être mis en place à trois niveaux dont deux en amont des zones humides :

- dans les parcelles (1), ou en bordure aval de celles-ci (2), transversalement à la pente. Dans les parcelles « en dévers », le dispositif peut être implanté dans la zone où le ruissellement se concentre (3).
- dans les vallons cultivés, voies de concentration des écoulements, un chenal enherbé (4) ou une prairie (5) constituent également des dispositifs enherbés.
- le long des rives de cours d'eau, de plans d'eau ou d'annexes fluviales (6).

La démarche d'implantation des dispositifs enherbés doit être cohérente, aussi efficace que possible et s'intégrer dans un raisonnement global de la protection du bassin versant. Seul un diagnostic local approfondi des voies de circulation d'eau permet de choisir la meilleure localisation en fonction du type d'écoulement dominant, des caractéristiques de parcellaire, du réseau hydromorphique et de ses ramifications en amont.

Cette démarche s'appuie sur des cartes à petites échelles (1/100000) et sur une bonne connaissance du terrain. Elle comporte deux phases :

1. Examen à l'échelle de la totalité du bassin versant :

- précision des sous bassins où une action de correction par des dispositifs enherbés paraît opportune,
- hiérarchisation de ces unités en terme de priorité d'actions,
- définition des types de situations rencontrées (cf. schéma ci-dessus), leur fréquence et les dispositifs adaptés.

La définition des moyens techniques, juridiques et financiers d'accompagnement des programmes ainsi que la maîtrise foncière doivent intervenir dès cette première phase de planification.

2. Des propositions concrètes

- une analyse cartographique très fine et/ou de photographies aériennes pour préciser la localisation des dispositifs.
- validation par une étape de terrain des propositions.

NB : dans le cas d'une opération de remembrement ou de réaménagement parcellaire, il est souhaitable de faire participer des géomètres au projet.

QUE FAUT-IL IMPLANTER ?

Le principal objectif est d'obtenir un couvert végétal présentant les caractéristiques suivantes : implantation rapide et facile, occupation de manière régulière de l'ensemble de la surface à enherber, densité de végétation la plus régulière possible, bonne résistance à l'envahissement des mauvaises herbes, bonne longévité.

Le choix de l'espèce doit se faire localement en fonction du climat, du sol, des périodes de semis possibles, des exigences agronomiques.

La préparation du sol pour le semis doit être réalisée perpendiculairement à la pente à l'exception des chenaux enherbés. Il faut prendre soin de vérifier la tolérance de l'espèce choisie à la présence éventuelle d'herbicides rémanents appliqués sur la culture précédente. Il est conseillé de réaliser le semis à la volée, puis de réappuyer à l'aide d'un instrument de type rouleau ou croskill pour favoriser la levée.

ZONE de FRANCE	ESPECES ADAPTEES pour des bandes enherbées
Nord et Est	Ray-grass anglais, Fétuque élevée, Paturin des prés, Fétuque rouge traçante
Ouest et littoral	Ray-grass anglais, Fétuque élevée, Fétuque rouge traçante et $\frac{1}{4}$ traçante
Sud-Ouest	Ray-grass anglais, Fétuque élevée, Fétuque rouge traçante et $\frac{1}{4}$ traçante
Sud-Est	Ray-grass anglais, Fétuque élevée, Paturin des prés, Fétuque rouge traçante et $\frac{1}{2}$ traçante
Continental Centre	Ray-grass anglais, Fétuque élevée, Fétuque rouge traçante et $\frac{1}{2}$ traçante

COÛTS DE MISE EN PLACE

L'État propose des aides financières versées aux exploitants agricoles. Ceux-ci s'engagent, pendant cinq ans, à mettre en place des dispositifs de conversion des terres arables en herbages extensifs sur une bande de terrain parallèle à la berge du cours d'eau, sa largeur ne doit pas être inférieure à cinq mètres. Divers acteurs sont susceptibles d'intervenir dans ces programmes de protection de l'eau : les gestionnaires de l'eau (structures communales, intercommunales, agences de l'eau...), les aménageurs et gestionnaires de l'espace (communes, propriétaires fonciers, sociétés d'aménagement, SAFER...), les agriculteurs et leurs organismes d'encadrement techniques et professionnels, les usagers, les pêcheurs, les chasseurs...





MISE EN PLACE DE DISPOSITIFS ENHERBES



POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Bandes enherbées le long du cours principal du Miny (56), station biologique de Paimpont (35).

Chenaux enherbés anti-érosifs du Pays de Caux (76), AREAS, S^t Valérie-en-Caux (76).

Protection des captages, mise en place de bandes enherbées sur des affluents de l'Avre (28).

Sites expérimentaux de la Saillières (44), Plélo (22), Bignon (56).

BIBLIOGRAPHIE

CORPEN, juillet 1997. Produits phytosanitaires et dispositifs enherbés. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

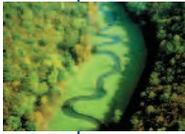
CORPEN, plaquette sur les dispositifs enherbés : un moyen de lutte contre la pollution des eaux par les produits phytosanitaires.

Étude inter-Agences n° 63. Étude de l'efficacité de dispositifs enherbés.





GESTION DES ZONES HUMIDES ET PÂTURAGE EXTENSIF



Le pâturage extensif utilise les grands herbivores comme outil de gestion des zones humides. Cette gestion pastorale, de plein air intégral, est utilisée par un grand nombre de gestionnaires chargés d'espaces naturels (Réserves Naturelles, Parcs Naturels Régionaux, Conservatoire des Sites, Réserves Cynégétiques...) dont la mission est de conserver ou de restaurer la biodiversité* des prairies humides et les marais en contrôlant l'évolution spontanée de la végétation^{ns}. Ce type de pâturage, le plus souvent réalisé avec des animaux rustiques, exerce une pression faible sur le milieu.

OBJECTIF

Il s'agit en général de freiner, voire de faire régresser la dynamique des grands héliophytes* et des ligneux en favorisant les espèces de milieux ouverts. Le gestionnaire recherche un compromis entre les objectifs de protection (avifaune, insectes, formations végétales, réapparition de taxons* rares) et les contraintes d'un éleveur traditionnel. La conservation de races domestiques menacées de disparition de même que les attraits touristiques et pédagogiques liés à ces grands herbivores sont des objectifs en général secondaires.

MISE EN ŒUVRE

CHOIX DE LA ZONE PÂTURÉE

Le choix de la zone pâturée peut être lié à au moins 3 types de contraintes :

- une contrainte d'ordre hydrologique (préservation des animaux contre les inondations),
- une contrainte liée à la recherche notamment d'une surface satisfaisant l'ensemble des besoins alimentaires en terme de quantité et de valeur nutritive,
- une contrainte foncière avec la recherche d'un accord entre les propriétaires des parcelles et l'organisme gestionnaire.

CHOIX DES ANIMAUX

Un certain nombre de critères guide le choix des animaux domestiques dans les zones humides à restaurer. Trois grandes familles d'herbivores sont utilisées : les équins, les bovins et les ovins. À l'exception de quelques races, les ovins sont en général peu adaptés à ces milieux. On peut citer seulement pour exemple les moutons Shetland dans le marais Audomarois.



Pâturage, marais Vernier.

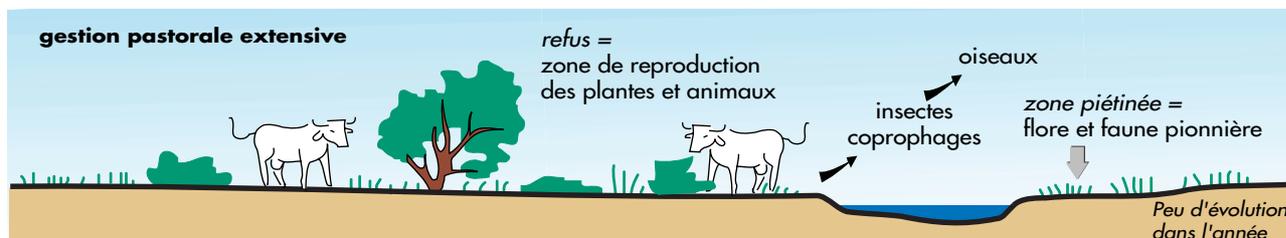
Parmi les races les plus répandues en France, on peut citer les Highland Cattle, les Chevaux Camargues et les Konik Polski. Les critères de sélection de ces races ont été :

- leur rusticité, qui est l'ensemble des aptitudes d'un animal pour vivre dans un milieu naturel difficile de la manière la plus autonome possible, notamment par une meilleure résistance aux parasites et par leur capacité à être peu difficile dans leur choix alimentaire;
- leur préadaptation à certains facteurs du milieu (tourbières d'Ecosse, delta de la Camargue humide et froid en hiver...);
- leur origine biogéographique;
- leur aspect robuste et/ou archaïque très médiatique;
- c'est aussi la réussite de ces races dans des espaces protégés qui a été déterminante dans le choix de ces herbivores. En France, le pâturage comme outil de la gestion des zones humides s'est répandu sur le modèle d'expériences considérées comme réussies, notamment à la Réserve des Manneville au Marais Vernier et à la Tour du Valat en Camargue.

Pâturage mixte

Les bovins comme les équins utilisent des micro-organismes pour digérer les fibres végétales qu'ils consomment. Les équins se nourrissent 15 heures par jour, contre 8 en moyenne pour les bovins. Si les deux espèces préfèrent les monocotylédones* (phragmite, graminée...) et que leur régime alimentaire se chevauche de manière considérable il semblerait que les bovins consomment plus de dicotylédones*. Il peut donc être intéressant de réaliser un pâturage mixte.





Dans certaines situations, les gestionnaires donnent la préférence à des races locales menacées : Pottok, race Auroise (Casta) dans les marais de Bruges (Gironde), la réserve de Chérine (Indre).

Le choix d'animaux sexués et ses conséquences (mise bas au printemps...) complique la gestion mais permet parfois d'équilibrer les budgets par la vente d'individus.

CHARGEMENT

Plusieurs unités sont utilisées par les gestionnaires pour traduire la pression de pâturage : Unités Gros Bétail (UGB), Unités Moyen Bétail (UMB), Unités Moyen Bétail bovin ou équin (UMBb ou UMBe) ou encore en kilogrammes de poids vif à l'hectare. Ces unités sont des chargements instantanés traduisant une pression à un instant donné. Ce chargement peut être élevé lorsque les animaux ne sont pas présents toute l'année sur un même site. D'autre part, cette valeur n'exprime que la pression de pâturage moyenne sur le site sans tenir compte de l'hétérogénéité de la végétation et du surpâturage local.

Il est impossible de donner un lien systématique entre la charge pastorale et l'espace à gérer. Les chargements instantanés rencontrés sont variables et peuvent aller de 0,15 à 0,8 UGB/ha avec une moyenne de 0,4 UGB/ha. Sur la Réserve des Manneville, il y a 1 cheval pour 2 ha et 1 bovin pour 1,4 ha.

LA CONDUITE DU PÂTURAGE DANS L'ESPACE ET LE TEMPS

Le pâturage peut être fixe ou tournant en fonction des objectifs. Lorsqu'il y a surpâturage local, il est préférable de cantonner les animaux dans les sites délaissés en les « forçant » à rester dans des enclos mobiles (clôture électrique...).

SUIVIS ZOOTECHNIQUES

On peut estimer la réussite de l'introduction des animaux dans un milieu naturel par leur gain ou leur perte de poids mais aussi en tenant compte des naissances et des décès. Ainsi en hiver les animaux sont plus maigres s'ils ne sont pas nourris de façon complémentaire. En général, il n'y a pas de

complémentation hivernale sur les sites du littoral alors qu'elle est presque systématique à l'intérieur des terres.

L'état sanitaire des animaux doit être conforme, en particulier pour les vaccinations, à celui des animaux de la région d'accueil. La prophylaxie anti-parasitaire, si elle ne peut être évitée, doit respecter le milieu naturel, en ce qui concerne notamment la rémanence des produits utilisés.

ÉQUIPEMENT

Le pâturage n'est pas un mode de gestion exempt d'équipements : les clôtures et leur entretien sont parfois onéreuses et dépendent du type d'herbivores. Les abris, non obligatoires pour les races rustiques, peuvent être naturels (bois naturels...) ou artificiels. Les points d'affouragement et les abreuvoirs sont causes de surpâturage et entraînent un risque de cantonnement. Pour faciliter le suivi zootechnique, il peut y avoir un parc de contention (nécessaire pour les races dangereuses ou agressives), une bascule pour surveiller les variations de poids ainsi qu'un « van » ou une bétailère pour les déplacements.

ÉLÉMENTS DE COÛT : UNE CONVERGENCE ENTRE ÉCOLOGIE ET ÉCONOMIE

Avec la Politique Agricole Commune (PAC), et face à un espace ouvert en voie d'enfrichement suite à la déprise agricole, plusieurs solutions sont possibles, comme l'acquisition et la maîtrise foncière, ou la voie incitative par la réins-

Exemple de coût

Dans le marais de Lavours, le pâturage de 110 ha (Highland Cattle, Chevaux Camargue, Pottok) a coûté 348271 F pour la campagne 1997/98, dont :

- 200000 F de salaires (conservateurs, techniciens de l'Entente),
- 14000 F de frais vétérinaires,
- 23000 F de foin (affouragement hivernal),
- 11000 F d'assurances,
- 30000 F la location de prés hors réserve pour l'hivernage.

La recette est de 75907 F (ventes d'animaux...). Soit un coût de 3166 F/ha.





GESTION DES ZONES HUMIDES ET PÂTURAGE EXTENSIF



tallation d'un troupeau⁴³¹. Ces mesures sont un moyen tout à fait souhaitable de renforcer les connexions entre agriculture et environnement.

UN MOYEN MAIS PAS UNE SOLUTION MIRACLE

Malgré des résultats positifs, notamment au niveau de la diversité végétale et animale (avifaune et populations d'invertébrés), le pâturage extensif ne doit en aucun cas apparaître comme une solution miracle pour la gestion des zones humides. C'est un moyen parmi d'autres, avec la fauche notamment, pour atteindre des objectifs liés à la protection de la nature.

Un succès mitigé

Le rôle des gânets ne supporte pas le pâturage des prairies humides. En Camargue c'est le développement des scirpes et de la massette (Duncan & d'Herbes 1981) ou celui de l'aulne glutineux au marais de lavours (Majchrzak 1992) qui contraignent la gestion pastorale et ses objectifs. Ces espèces végétales herbacées et ligneuses présentes des substances chimiques (Lebreton 1982) qui les rendent non appétentes par les chevaux ou les bovins, excepté peut-être lorsqu'elles sont jeunes. Ainsi le succès attendu (conservation des prairies humides au marais de Lavours, augmentation de la surface d'eau libre en Camargue) en introduisant des grands herbivores pour réduire l'invasion des grands héliophytes, en l'occurrence le roseau, est compromis à long terme par le remplacement de cette espèce par des espèces moins compétitives mais non palatables.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Réseau ESPACE. Entretien des Sites à Préserver par des animaux Conduits en Extensif. Fédération des Parcs Naturels Régionaux de France, 4 Rue de Stockholm, 75008 Paris, Tél. : 01 44 90 86 20, fax : 01 45 22 70 78.

CEREOPA, Centre d'Étude et de Recherche sur l'Économie et l'Organisation des Productions Animales, 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris CEDEX 05.

INRA-SAD, Centre de Toulouse, B.P. 27, 31326 Castanet-Tolosan CEDEX (nombreux autres centres).

INRA-SAD, Unité Versailles-Dijon-Mirecourt. Centre de Versailles, route de Saint Cyr, 78036 Versailles CEDEX.

Espaces Naturels de France, ENF, 6 rue Jeanne d'Arc, 45000 Orléans. Tél. : 02 38 24 55 00, fax : 02 38 24 55 01.

BIBLIOGRAPHIE

Actes du Colloque juin 1999. Préserver la biodiversité* par le pâturage extensif. Actes du colloque du réseau ESPACE. Paris, La Villette-Sacy le Grand, 22 au 22 juin. 205p.

Coéditeurs., 1996. Forum des gestionnaires. La gestion des milieux herbacés. Une exigence croissante pour la protection de la nature. Espaces Naturels de France - Réserve naturelles de France - Ministère de l'Environnement, 102 p. Actes de colloque du 31 mars 1995.

Dupieux N., 1998. La gestion conservatoire des tourbières de France. Premiers éléments scientifiques et techniques. Espaces Naturels de France, programme Life « Tourbière de France », 244 p.

Lecomte, T. & Le Neveu, C., 1990. La gestion des zones humides par le pâturage extensif. Ministère de l'Environnement. Atelier Technique des Espaces Naturels Ed., Neuilly, 107 p.

ONC, 1992. L'élevage extensif de chevaux pour la gestion d'espaces naturels. 64 p.

Perrier A., Legrand P. & Sadorge J-L., 1996. Animaux domestiques et gestion de l'espace. Dossier de l'Environnement de l'INRA, Paris, 118 p.

Les cahiers techniques du Pique-Bœuf. n° 1. Valorisation économique des herbivores domestiques rustiques élevés dans des espaces naturels d'intérêt écologique, floristique ou faunistique. Synthèse d'étude. 16 p.

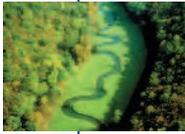
Actes de rencontres des gestionnaires à la Tour du Valat. La gestion écopastorale des milieux naturels. Novembre 1996, 40 p.

Morand A., Majchrzak Y., Manneville O. Befy J.-L., 1994. Papillons *Maculinea* (Lycaenidae) et pastoralisme : aspects antagonistes d'une gestion conservatoire. *Écologie* 1, 9-19.





FAUCHE MÉCANIQUE ET DÉBROUSSAILLAGE



L'exploitation traditionnelle des prairies humides et marais autres que le pacage (pâturage extensif léger) comme la fauche, a permis le maintien d'un stade herbacé en modifiant les communautés végétales. Comme le pâturage, la fauche, empêche l'accumulation de litière et permet de conserver des écosystèmes prairiaux riches de nombreuses plantes et animaux remarquables.

OBJECTIF

Comme le pâturage, la fauche assure, une stabilité artificielle des phytocénoses des milieux ouverts en permettant le contrôle des espèces les plus envahissantes⁹⁹. Elle a pour objectif le maintien de la zone humide à un stade herbacé, voire la restauration de terrains dégradés (landes arbustives). Cependant, les objectifs doivent être définis de manière précise. Dans un but conservatoire, il s'agit de s'interroger sur les biocénoses*, les espèces animales ou végétales à favoriser. Quels débouchés attend-on des produits de la fauche ? L'intervention peut-elle être sous-traitée à des agriculteurs locaux ?

La mise en œuvre de ce mode de gestion dépend de la réponse à ces questions.

On distingue une fauche de restauration et une fauche d'entretien. La première a pour objectif de restaurer les stades antérieurs de la végétation, voire faire régresser des espèces envahissantes. Une fois, le site restauré, la fauche d'entretien a comme objectif de limiter la croissance d'un tapis herbacé.



Travaux sur le marais d'Episy par débroussailleuse.

Photo Pajand, Ecographie

Type de matériel	Surface optimale	Caractéristiques	Puissance (CV)	Coût (KF HT)
Débroussailleuse	< 50 ares	Matériel léger et maniable, grande souplesse et simplicité d'utilisation. Outil polyvalent pouvant intervenir sur tous types de milieu. Faible coût unitaire. Matériel peu puissant, très faible vitesse d'avancement, opération souvent laborieuse.	1 à 4	1 à 5?
Motofaucheuse	< 1 ha	Matériel léger et maniable, grande souplesse et simplicité d'utilisation. Faible coût unitaire. Faible vitesse d'avancement	7 à 15	20 à 60
Mini-transporteur	< 1 ha	Matériel chenillé léger, à faible pression au sol, polyvalent (fauche, mini-round-baller, transport de matériaux). Coût unitaire peu élevé. Faible vitesse d'avancement, peu d'outils de fauche encore utilisables.	4 à 6	20 à 60
Micro et Mini-tracteur	1-5 ha	Tracteur léger, maniable, à faible pression au sol (sous réserve de pneumatiques adaptés). Puissance limitée.	15 à 30	80 à 140
Quad utilitaire	1-5 ha	Matériel très polyvalent (zones humides ou pente), léger, très souple d'utilisation et doux pour le milieu. Coût unitaire peu élevé. Absence de prise de force nécessitant un moteur auxiliaire pour les outils. Peu d'outils encore utilisables.		28 à 50
Tracteur vigneron	2-10 ha	Tracteur très polyvalent (zones humides ou pente), très maniable, assez peu encombrant, très doux pour le milieu. Vaste gamme d'outils. Matériel agricole, entretien classique.	35 à 70	140 à 350
Porte-outils de montagne	2-10 ha	Outils robustes à entraînement hydrostatique, souple et doux pour le milieu. Bon comportement sur pente (centre de gravité très bas), comportement en zones humides peu connu. Matériel spécialisé, rapport coût/puissance élevé.	30 à 60	160 à 450
Porte-outils pour sols peu portants	5-10 ha et plus	Très faible pression au sol (matériel généralement chenillé), modèle très puissants, robustes, à entraînement hydrostatique. Gamme très complète d'outils. Matériel hautement spécialisé nécessitant des conducteurs expérimentés. Entretien technique spécialisé, onéreux. Encombrement important, faible maniabilité. Coût unitaire élevé.	35 à 320	240 à 1400

Principales caractéristiques du matériel utilisable pour la fauche en milieux tourbeux (d'après Dupieux, 1998).





MISE EN ŒUVRE

ÉQUIPEMENT

Autrefois, le matériel de fauche conventionnel était la faucille ou la faux, puis on utilisait la fourche pour exporter les produits. La mécanisation actuelle comporte quelques limites et contraintes notamment en raison de la portance des sols et de la pénétration des sites (risques d'enlèvement, tassement du sol). Cependant, il existe un grand nombre de matériels pouvant être utilisés en zones humides (faucheuses à sections, faucheuses rotatives, broyeurs...). Chacun présente des inconvénients et des avantages en fonction des conditions de milieu, de la surface à faucher ou débroussailler, de sa puissance et sa vitesse d'intervention, sa maniabilité et sa technicité de pilotage, son encombrement sur route...

La fauche de restauration implique l'utilisation d'engins puissants équipés de systèmes de coupe robustes pour éliminer une végétation « difficile ». Le gyrobroyage des jeunes ligneux et le bûcheronnage, suivis d'un dessouchage sont souvent indispensables. La fauche d'entretien utilise un matériel plus léger, moins puissant. Il s'agit seulement de maintenir un stade herbacé. Le rejet de souche ne permet pas toujours après une première saison de fauche de restauration de passer à une fauche d'entretien.

LA CONDUITE DE LA FAUCHE

À l'inverse du pâturage, la fauche a l'avantage d'être dirigée plus facilement dans l'espace. Mais elle présente le désavantage d'une date et d'une fréquence de réalisation liées le plus souvent d'une manière pragmatique à la croissance maximale d'espèces végétales à haute valeur fourragère et lorsque les conditions climatiques le permettent.

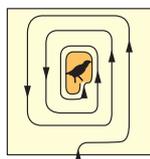
La période et le rythme de fauche sont pourtant des données primordiales qui dépendent des objectifs. Certaines espèces ont ainsi disparu à cause d'un changement de la saison de fauche. De manière générale, une fauche estivale tardive est préférable à une fauche précoce car elle permet aux espèces printanières de grainer avant. Cependant, elle ne doit pas être trop tardive de manière à respecter les espèces à germination tardive. Le rythme varie aussi selon les espèces à favoriser. La connaissance des espèces et de leur habitat détermine ces deux paramètres.

Le principe de faucher une année certaines parcelles et d'autres l'année suivante (fauche par rotation) est doublement intéressant puisqu'il permet de sauvegarder certaines espèces (présence de zones-refuges même modestes) et

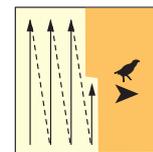
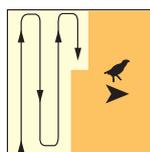
d'éviter l'uniformisation du milieu. Ces zones-refuges offrent très souvent des potentialités de recolonisation très importantes. Le sens de la fauche est aussi très important, notamment pour la faune : en fauchant de l'extérieur vers l'intérieur la faune se trouve piégée au centre : différents sens de fauche peuvent être adaptés pour éviter de telles situations.

Exemples de sens de fauche favorables à la préservation de la faune

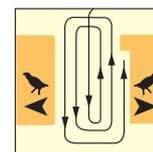
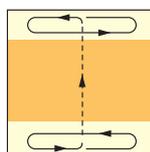
(d'après Andrews & Rebane, 1994)



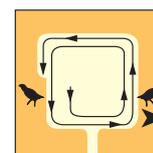
En fauchant de l'extérieur vers l'intérieur de la parcelle, la faune se trouve piégée au centre.



1 - Faucher la parcelle en bandes, d'un bout à l'autre. Les pointillés indiquent un déplacement en marche arrière.



2 - Commencer par faucher une bande centrale, puis faucher autour de cette bande vers l'extérieur de la parcelle.



3 - Faucher directement vers le centre de la parcelle puis poursuivre la fauche autour de ce point central vers l'extérieur.

Le rôle des genêts, souvent appelé le « roi des cailles » du fait de sa ressemblance avec la caille des blés, est une espèce des prairies humides qui arrive dans le Val de Saône entre avril et mai et repart fin août, début septembre en Afrique. Cette zone humide accueille une des dernières populations de France. Le rôle des genêts, qui pond une douzaine d'œufs à même le sol, est menacé par les dates de fauches trop précoces et parfois aussi par les crues de printemps tardives qui retardent son installation et sa reproduction.

ÉLÉMENTS DE COÛT

Les coûts de fonctionnement doivent être évalués sur une période d'au moins cinq années pour connaître l'amortissement du matériel par rapport à la surface fauchée et le





FAUCHE MÉCANIQUE ET DÉBROUSSAILLAGE



nombre d'heures de travail. Ces coûts doivent aussi être comparés entre la solution du gestionnaire qui possède son matériel et celle d'une délégation à un prestataire de service (exploitant agricole, entreprise privée). Cette dernière solution semble être la plus économique mais elle impose une sensibilisation écologique de ce prestataire par le gestionnaire.

Enfin, les produits des opérations de fauche peuvent être valorisés sous forme de fourrage et de litière pour les éleveurs, les centres équestres, les viticulteurs, les maraîchers... Ces filières restent difficile à exploiter (faible valeur fourragère de la blache, coût de stockage de la récolte, coût de transport...).

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Université de Metz, Laboratoire de Phytoécologie, CREUM, Faculté des Sciences, Île du Saulcy, 57045 Metz CEDEX 01.

Groupe d'Étude des Tourbières : Centre de Biologie Alpine, Université Joseph Fourier, Grenoble I, BP 53, 38041 Grenoble CEDEX 9 Tél. : 0476514600; fax : 0476514463.

Conservatoire Rhône-Alpes des Espaces Naturels. 352, route de Genas 69500 Bron. Tél. : 0478260045 fax : 0472370629.

Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Savoie, Le Prieuré, BP 51, 73372 Le Bourget du Lac. Tél. : 0479252032

Station Biologique de la Tour du Valat, Le Sambuc, 13200 Arles. Tél. : 0490972013, fax : 0490972019.

Groupe d'étude et de gestion, Centre LSPN de Champ-Piotet-Cheseaux, Norea z. CH 1400. Tél. : (1941) 24211888. (À proximité de Rhône-Alpes.) La grande cariçaie sur le lac de Neuchâtel en Suisse.

EID & RN marais de Lavours BP2, 73310 Chindrieux. Tél. : 0475542158.

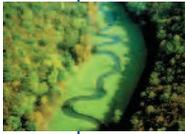
BIBLIOGRAPHIE

Coéditeurs., 1996. Forum des gestionnaires. La gestion des milieux herbacés. Une exigence croissante pour la protection de la nature. Espaces Naturels de France - Réserve naturelles de France - Ministère de l'Environnement, 102 p. Actes de colloque du 31 mars 1995.

CREN, 1996. La fauche en marais. Cahier Technique n° 2. Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels.

Dupieux N., 1998. La gestion conservatoire des tourbières de France. Premiers éléments scientifiques et techniques. Espaces Naturels de France, programme Life « Tourbière de France », 244 p.

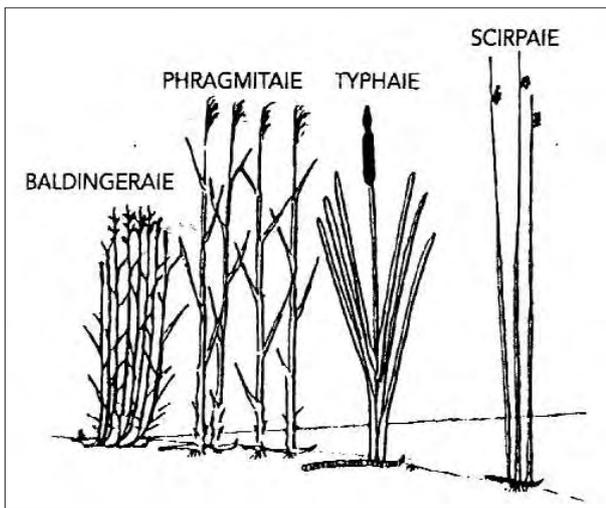




GESTION DES ROSELIÈRES

Il existe deux types de roselières :

- inondées, elles constituent un habitat important pour une avifaune spécialisée (Anatidés, Butor, Fauvettes aquatiques, Râle d'eau.),
- atterries et peu intéressantes en général, elles peuvent remplacer des vasières, ou des prairies humides de plus grand intérêt écologique.



Différents noms sont utilisés pour les roseaux : phragmite (roseau commun), massette (typha), scirpes, baldingères faux roseau...

OBJECTIFS

Selon les circonstances, les roseaux constituent donc des plantes envahissantes qu'il faut éliminer, ou au contraire un habitat à conserver, voire à favoriser pour nombre d'espèces animales. Les objectifs de gestion sont donc de protéger la roselière des diverses menaces ou au contraire de contrôler son expansion.

Le déclin

Le déclin des roselières est observé de manière générale en France. L'incision des cours d'eau^{ms} et la dynamique de la végétation^{ms} accélérés par l'abaissement du niveau d'eau, la pollution organique excessive^{ms}, le pâturage par les rongeurs introduits (rat musqué et ragondin) et le bétail domestique sont des facteurs du dépérissement des roselières. La destruction directe par l'expansion urbaine, les débris flottants à la surface de l'eau (déchets, bois), les bateaux et les planches à voile sont d'autres facteurs importants. Compte tenu de la disparition accélérée de ce biotope*, y compris par son évolution spontanée du fait de l'atterrissement*, ou au contraire de sa croissance rapide et gênante il est devenu urgent de savoir le gérer.

MISE EN ŒUVRE

Compte tenu de la diversité des situations, il n'y a pas de solution a priori. Il s'agit avant tout d'évaluer le type de roselière, sa valeur patrimoniale et fonctionnelle pour l'équilibre de la zone humide afin d'entreprendre un certain nombre d'actions pour la protéger ou la contrôler.

PROTECTION DES ROSELIÈRES MENACÉES

Pour des raisons patrimoniales ou fonctionnelles^{szr} (zone tampon entre un milieu source de pollution et d'autres biotopes* vulnérables), plusieurs solutions sont possibles pour protéger la roselière.

Au lac du Bourget, il a fallu protéger les roseaux de la destruction par les bateaux, les planches à voiles et tous les autres corps flottants (glace, bois mort, déchets). La pose de bouées, ou de pieux de bois stoppent les objets flottants. Des panneaux alertent les bateaux et les véliplanchistes du danger pour les roselières à pénétrer ces zones.

- Impact des vagues, des objets flottants et du niveau d'eau Lorsque la roselière est menacée d'atterrissement*, une des solutions est de trouver un nouvel équilibre hydraulique afin d'alimenter davantage en eau^{ms}.

- Impact du pâturage

Dans les zones pâturées, il s'agit de clôturer les roselières que l'on veut sauvegarder.

- Impact de la qualité physico-chimique de l'eau

La salinité peut être un facteur de destruction des roseaux. L'implantation de petites digues pour retenir l'eau douce peut être envisagée.

D'autres actions peuvent être prévues pour protéger les roselières, notamment le relèvement des niveaux d'eau associé à la coupe de saules, l'étrépage pour régénération...

CONTRÔLE DES ROSELIÈRES ENVAHISSANTES

Très résistant aux variations hydrologiques, le phragmite commun ou roseau à balais se multiplie rapidement par voie végétative essentiellement (les rhizomes peuvent s'accroître de 5 m en 1 an); il devient très vite monopoliste et envahissant. A partir d'un seul individu, la roselière peut occuper de vastes surfaces très denses.

Les gestionnaires peuvent chercher à réduire la biomasse* et la densité de cette espèce très envahissante qui étouffe les autres espèces végétales : elle est à l'origine d'une banalisation et fermeture du milieu^{ms} surtout que la roselière asséchée est déjà pauvre en espèces animales et végétales. Son



élimination peut être liée aussi à une gêne mécanique à l'écoulement des eaux et à la circulation à cause de l'encombrement dans les canaux envahis par le roseau.

Pour contrôler cette prolifération, plusieurs types d'intervention sont possibles : fauche, pâturage, feu. Le choix entre ces différentes méthodes doit résulter d'une analyse rigoureuse du coût et des avantages de chacune d'entre elles⁹⁷.

LA FAUCHE

La tige aérienne du roseau meurt en hiver et repousse tous les ans. Si elle est coupée au printemps avant une accumulation suffisante de réserves dans les racines, la repousse l'année suivante est moins vigoureuse. Une fauche en hiver ou en automne n'affecte que très peu le phragmite. Elle peut même dynamiser la roselière en créant des ouvertures. La présence de pousses plus ou moins importantes sous ou sur la surface de l'eau détermine l'aptitude de la roselière à récupérer après la fauche.

Dans certaine situation, notamment lorsqu'il y a présence d'espèces exotiques, la fauche est insuffisante en elle même pour empêcher l'embroussaillage du milieu. Ainsi, au Bout du lac d'Annecy, l'élimination du phragmite a favorisé l'expansion de la verge d'or.

LE PÂTURAGE

Parce que ses méristèmes (tissu végétal de croissance) sont situés sur les tiges, le roseau est très sensible au broutage. Très appétente au printemps et présentant de bonnes qualités nutritives, cette plante constitue un fourrage très apprécié présentant beaucoup de fibres protéiniques, des éléments minéraux (calcium, phosphore), et aucune substance de défense. Cette espèce, fortement productive, est très appréciée de nombreuses espèces animales. Les oiseaux d'eau peuvent ralentir fortement la croissance du roseau et le faire régresser. Le rat musqué et le ragondin interviennent aussi naturellement dans la régression des roselières. Le ragondin préfère le typha au phragmite. Les herbivores domestiques peuvent éliminer en quelques années une roselière. Lorsqu'il n'est pas consommé directement, le phragmite est très sensible aux piétinements de ses rhizomes. Suite au pâturage, diamètre et hauteur diminuent : la biomasse* et la densité des phragmites se réduisent très rapidement. Bien calculée, la charge en animaux peut permettre la repousse régulière de cette espèce et maintenir une population de phragmite en équilibre. L'efficacité des bovins européens reste très limitée lorsque la plante est inondée alors que celle des chevaux demeure élevée à plus de 1 mètre de profondeur.

*De manière contraire à l'objectif initial, l'élimination du phragmite au Marais de Lavours a favorisé l'expansion d'un ligneux (*Alnus glutinosa*) non consommé par les animaux.*

LE FEU

Un feu estival entraîne une régression du roseau alors qu'un feu hivernal favorise un démarrage printanier rapide. De manière plus générale, le redémarrage de cette espèce après un incendie est d'autant plus rapide qu'elle a pu se constituer de bonnes réserves souterraines lors de la repousse printanière. Plusieurs dizaines d'espèces invertébrés sont liées au roseau et l'impact du feu sur les populations mérite d'être analysé.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCE

Réseau du Rozo de la commission scientifique. Réserves Naturelles de France. Conférence Permanente des Réserves Naturelles. 3, rue de la Forge - B.P. 100, 21 803 Quétigny Cédex. Tél. : 0380489100, fax : 0380489101.

Réseau ESPACE (Entretien des Sites à Préserver par des Animaux Conduits en Extensif). Fédération des Parcs naturels régionaux de France. 4 rue de Stockholm, 75008 Paris. Tél. : 01 44 90 86 20, fax : 01 45 22 70 78.

BIBLIOGRAPHIE

Dupieux N., 1998. La gestion conservatoire des tourbières de France. Premiers éléments scientifiques et techniques. Espace Naturel de France, programme Life « Tourbière de France » 244 p.

Mesléard F. & Perennou C., 1996. La végétation aquatique émergente. Écologie et gestion. Conservation des zones humides méditerranéennes, n° 6, 86 p.

Michelot J-L., 1995. Gestion patrimoniale des milieux naturels fluviaux. Guide technique. ATEN, Ministère de l'Environnement, RNF, Agence de l'Eau. 67 p.

Actes du colloque ESPACE, juin 1999. Préserver la biodiversité* par le pâturage extensif. Paris la Villette - Sacy le Grand, 22 au 22 juin 1999. 205 p.





RENATURATION DE BOISEMENTS ARTIFICIELS



DÉFINITION

Dans de nombreuses zones humides, les forêts ont été profondément artificialisées par des plantations (peupliers en particulier) ou des coupes rases⁶⁸. Il est possible de restaurer de telles parcelles par une évolution dirigée vers un milieu plus naturel, en particulier la forêt ou la prairie.

La restauration de milieux moins dégradés (coupes partielles, présence d'espèces ligneuses non indigènes...) est également souhaitable selon les mêmes principes.

OBJECTIFS

La renaturation des boisements est favorable à plusieurs des fonctions des zones humides :

- régulation des crues⁷¹ : une forêt naturelle écrête mieux les crues qu'une peupleraie intensive, du fait d'une plus forte rugosité;
- régulation des nutriments* et des MES^{65,72} : une forêt naturelle est plus stratifiée qu'une peupleraie; elle constitue un meilleur peigne pour les MES et l'enracinement diversifié des végétaux permet une meilleure épuration des eaux souterraines;
- biodiversité⁶⁸ : les boisements artificiels présentent un intérêt patrimonial faible;
- paysage.

MISE EN ŒUVRE

AVANT TOUT, MENER UNE SYLVICULTURE RESPECTUEUSE

Il est possible de concevoir une sylviculture productive qui respecte la structure et la composition des forêts alluviales. Pour cela, il est nécessaire de :

- respecter l'hétérogénéité du milieu : ne pas gérer un bas-fond humide comme un banc caillouteux sec,
- utiliser les espèces autochtones : chênes pédonculés, noyers, merisiers, érables, frênes, saules etc.,
- utiliser dans la mesure du possible des souches locales de ces espèces lors des plantations,
- privilégier la régénération naturelle par rapport aux plantations,
- privilégier un peuplement irrégulier (taillis sous futaie, futaie irrégulière par bouquets...),
- organiser les coupes de façon à réduire la superficie des trouées à quelques ares,
- conserver une partie au moins des arbres morts, pour la faune et la flore.

Ce type de préconisations est progressivement mis en application dans certains boisements, telles les forêts péri-urbaines de la ville de Strasbourg gérées par l'Office National des Forêts. Dans la vallée du Rhône, la réserve naturelle de l'île de la Platière envisage de lancer des « mesures sylvo-environnementales » : le propriétaire recevrait une aide financière si il acceptait de suivre ces principes (document d'objectifs Natura 2000).

Même des plantations intensives telles que les peupleraies peuvent être améliorées hydrauliquement et écologiquement, par le développement du sous-bois.

LES PRINCIPES D'UNE RENATURATION

Faire le diagnostic de la parcelle

En premier lieu, il convient de connaître les potentialités du milieu, et notamment :

- **la dynamique de la végétation** doit absolument être étudiée (inventaire de la flore du sous-bois) afin de noter la présence éventuelle d'espèces intéressantes et de prévoir l'évolution du milieu. Ainsi, des peupleraies peuvent évoluer très différemment après une coupe, en fonction de leur sous-bois : invasion par les rejets de peupliers, blocage par des lianes ou des ronces, reconstitution d'une forêt naturelle...
- **l'état stationnel** de la parcelle doit être analysé : quelle alimentation en eau ? quel sol ?

Déterminer des objectifs techniques

Face à un boisement dégradé, le gestionnaire doit se poser deux questions principales :

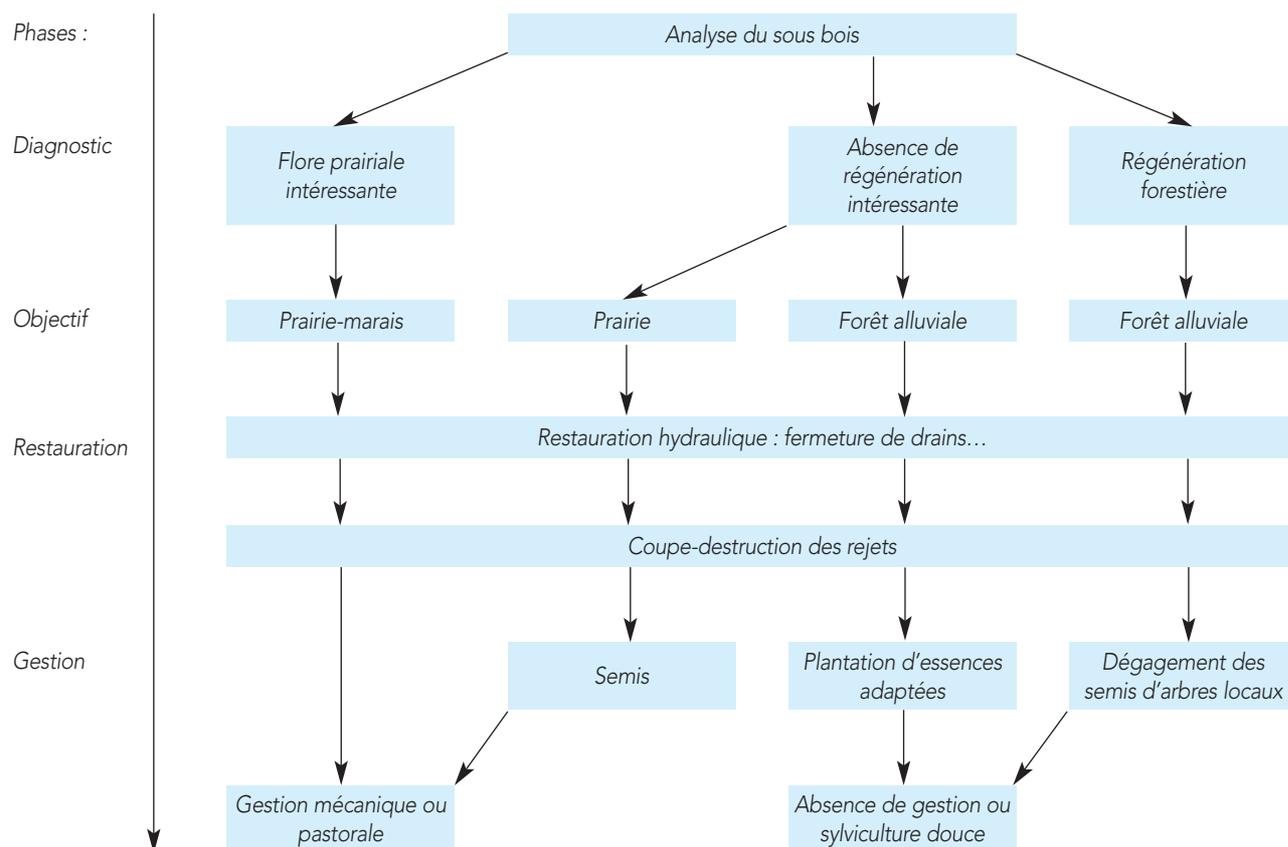
- Forêt ou milieu ouvert ?
Dans la plupart des cas, l'objectif de la gestion est la reconstitution d'une forêt alluviale la plus naturelle possible. A l'occasion d'une coupe, il peut être intéressant de faire évoluer le milieu vers la prairie afin de diversifier le paysage et l'écosystème. Une telle mutation est surtout envisageable si le sous-bois comporte encore une végétation de milieu ouvert.
- Gestion naturelle ou gestion sylvicole ?
En fonction du contexte socio-économique, on pourra choisir une gestion totalement naturelle ou une gestion où sera recherchée une certaine production.

LA CONVERSION FORÊT-PRAIRIE

Cette opération ne posera pas de gros problème si le sous-bois est encore composé d'une flore prairiale; il s'agira de limiter les rejets et de mettre en place une gestion mécanique ou pastorale du milieu.



Principes de restauration d'une peupleraie



Par contre, il est plus difficile de transformer une parcelle totalement forestière en prairie. Après coupe des peupliers, il est nécessaire de retourner la terre et de semer un

mélange de graines prairiales. Cette opération ne permettra pas la création d'un milieu de haute valeur floristique, au moins à court ou moyen terme ; elle doit plutôt être motivée par des objectifs paysagers et éventuellement faunistiques.

La prairie Saint-Gildas à Châteauroux

Une peupleraie inondable de 25 hectares occupait la vallée de l'Indre au contact direct du centre ville. Cette plantation a été transformée en une prairie humide en 1993-1994 : coupe et dessouchage des arbres, creusement de dépressions humides, semis. La prairie est entretenue par fauche.

Cette opération est un succès en terme paysager et social (lieu de découverte). Sur le plan écologique, le brochet peut désormais frayer sur le site ; la prairie est composée d'espèces communes mais une diversification spontanée est probable à l'avenir.

Coût :

- coupe et dessouchage des peupliers sur 25 ha : 300000 F
- aménagements de la prairie, y compris de frayères : 1100000 F

Maître d'ouvrage : ville de Châteauroux

LE RETOUR À LA FORÊT NATURELLE APRÈS COUPE

Limiter les rejets arbustifs

Après coupe, les peupliers produisent généralement beaucoup de rejets, qui peuvent considérablement gêner la végétation naturelle. Plusieurs méthodes peuvent être envisagées :

- arrachage des souches : très coûteux mais efficace,
- traitement chimique des souches : à déconseiller en cas de gestion écologique,
- application d'ail sur les souches : méthode traditionnelle à tenter,
- coupe régulière des rejets : généralement coûteux en temps, sauf si les rejets sont peu abondants.



RENATURATION DE BOISEMENTS ARTIFICIELS



Favoriser la régénération naturelle

Si la parcelle est colonisée spontanément par des essences ligneuses locales, il est possible de la laisser évoluer totalement naturellement. Afin d'accélérer l'évolution, il est possible de dégager chaque année les semis d'arbres indigènes, de façon à ce qu'ils se développent rapidement et dépassent en hauteur les arbustes qui pourraient les étouffer.

Planter si nécessaire

Il peut être souhaitable de réaliser une plantation si les arbres de la forêt alluviale ne peuvent pas revenir spontanément à court ou moyen terme (éloignement des semenciers, blocage de la succession par des végétaux bas...). Deux approches sont possibles :

- plantation immédiate de toutes les espèces de la forêt désirée : opération lourde, nécessitant une gestion sur une longue période (dégagement du sous-bois),
- plantation de grandes boutures (3-4 mètres) de saules ou peupliers indigènes à faible densité (<100/ha); les plants sont dégagés pendant 2 à 3 ans; ces essences pionnières créeront un ombrage qui limitera les lianes et buissons et favorisera l'arrivée des essences à bois durs (frêne, chêne...).



Photo J.-L. Méthaler

LE RETOUR À LA FORÊT NATURELLE SANS COUPE

Le gestionnaire peut choisir de perdre le bénéfice de la vente du bois, pour éviter une modification traumatisante du milieu (coupe rase) ou pour éviter de détruire le sous-bois.

Dans ce cas, il est possible de tuer les arbres par incision de l'écorce, sans les faire tomber; cette opération permet de mieux ensoleiller le sous-bois, afin de favoriser le développement des arbres indigènes.

SUIVI

Ce type d'opération peut être évalué par des relevés phytosociologiques⁹⁹ renouvelés régulièrement, ou par un suivi détaillé de parcelles témoins (comptage et mesures de tous les arbres et arbustes).

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Piegay (H.), Pautou (G.), Ruffinioni (C.) (sous la direction de), à paraître. Les ripisylves* dans les hydrosystèmes fluviaux. Institut pour le Développement Forestier.

SITES DE RÉFÉRENCE

Île du Beurre : Centre d'Observation de la Nature de l'Île du Beurre, 69420 Tupin-et-Semons. Tél. : 0474566262.

Forêts périurbaines de la ville de Strasbourg : Service des espaces verts, des jardins familiaux et des forêts, centre administratif, 1 place de l'Étoile, BP 1049, 67070 Strasbourg CEDEX. Tél. : 0388609670.

Prairie Saint-Gildas : ville de Chateauroux, service environnement, place de la République, 36012 Châteauroux CEDEX.

Réserve naturelle de l'île de la Platière, rue César Geoffray, 38550 Sablons. Tél. : 0474843501 et 0474842418.

ADRESSES UTILES (DOCUMENTATION)

Institut pour le Développement Forestier, 23 rue Bosquet, 75007 Paris.

Principes d'évolution dirigée de la végétation de l'île du Beurre
Sur cette île du Rhône, le gestionnaire a choisi d'éviter une coupe de la peupleraie. La destruction progressive des peupliers ou leur mort naturelle permettra de conserver durablement une végétation variée, juxtaposant essences à bois tendres (boisement jeune) et à bois durs (forêt plus évoluée). Sur les berges, les érables négundos, d'origine américaine, sont coupés et remplacés par des saules locaux.





RENATURATION DE TERRES CULTIVÉES



DÉFINITION

Certaines parcelles agricoles sont abandonnées, de façon spontanée (déprise) ou à l'initiative du gestionnaire de la zone humide. Il est possible d'accompagner ou de modifier la dynamique spontanée de la végétation de telles parcelles afin de recréer un milieu naturel : prairie, boisement ou marais.

OBJECTIFS

Une telle opération peut répondre à plusieurs objectifs :

- arrêt des impacts de l'agriculture (pollution diffuse...)^{MS};
- amélioration de la biodiversité*;
- augmentation de la rugosité pour ralentissement des crues (en cas de création d'un boisement);
- augmentation de la rétention des MES par effet de « peigne » (milieu arbustif ou arboré).

MISE EN ŒUVRE

ANALYSE DE LA DYNAMIQUE SPONTANÉE

La parcelle abandonnée évoluera systématiquement vers la forêt : stade pionnier* dominé par des espèces colonisatrices souvent annuelles, stades intermédiaires, stade arbustif, boisement.

La vitesse et le déroulement de cette succession varient selon les cas :

- si la mise en culture a été de courte durée et peu intensive, le sol comporte beaucoup de graines, peu de produits phytosanitaires; le retour de la végétation antérieure peut être rapide.
- si la période de culture a été plus longue et plus intensive, le milieu peut être profondément modifié; des végétaux rudéraux (= des friches), souvent exotiques, envahissent durablement le milieu.

Il est nécessaire de connaître cette évolution pour déterminer les objectifs de restauration.

CONSTITUTION D'UNE FORÊT

Cette évolution est la plus simple, parce qu'elle correspond à la succession naturelle. Certaines difficultés peuvent toutefois apparaître dans certains cas :

- **éloignement des semenciers** : dans ce cas, l'évolution est ralentie mais non bloquée; une plantation peut être imaginée pour accélérer le boisement;
- **envahissement par des végétaux indésirables**, bloquant la succession végétale (lianes, ligneux exotiques,

arbustes) : il peut être souhaitable de nettoyer le terrain (coupe, voire arrachage), puis de planter les espèces arborescentes visées.

CRÉATION D'UNE PRAIRIE

Implantation

Cette évolution est plus délicate.

Dans certains cas, la friche peut évoluer spontanément vers la prairie; il suffit alors d'éviter le boisement de l'espace par une gestion pastorale ou mécanique.

Souvent, la végétation rudérale est dominante dans les premières années; elle peut être remplacée spontanément par des ligneux sans que les herbacées de la prairie naturelle s'implantent correctement. Dans cette situation, il est généralement souhaitable de réaliser un semis d'espèces prairiales, à partir d'espèces adaptées aux conditions du site (pH, richesse nutritive, altitude...). Les conditions de semis sont proches de ceux mis en œuvre dans la restauration des terrains remaniés^{A27}.

La prairie de l'île de la Platière (38, 07), une évolution encourageante

Une parcelle de 3 hectares, entourée de forêt alluviale, était une friche prairiale (chiendents) avant une mise en culture en 1983 et 1984. Après cette date, le gestionnaire de la réserve naturelle a pu récupérer cette parcelle et favoriser son évolution vers la prairie : fauche durant quelques années (avec évacuation de la matière organique), puis pâturage (vaches Bretonne pie noire, élevage permanent, 1 animal/ha).

Le milieu évolue favorablement. La friche à chiendent se transforme avec le développement du brachypode penné, puis de la fétuque rouge et récemment du brome élevé; le milieu devrait se stabiliser au stade du mésobromion. La végétation se diversifie; les relevés phytosociologiques comptaient en moyenne 8 espèces par relevé en 1989, contre plus de 25 aujourd'hui. Les orchidées se développent lentement.

Seule ombre au tableau, les verges d'or, non consommées par le bétail, se maintiennent dans les parties les plus humides de la parcelle; le gestionnaire les fauche avant fructification pour les faire régesser.

Si l'objectif est la création « rapide » d'une prairie de fort intérêt botanique, il peut être souhaitable d'appauvrir le sol, car les prairies pauvres sur le plan trophique* sont plus intéressantes floristiquement que les prairies riches, dominées par quelques espèces banales. Pour atteindre cet objectif, il est possible de réaliser des fauches avec ramassage de la matière organique; une solution plus radicale est la culture de la pomme de terre durant un à deux ans, avant semis.



Gestion

Que la prairie se reconstitue spontanément ou après un semis, elle devra être gérée afin d'éviter un boisement.

- la gestion de base peut être pastorale^{A22} ou mécanique^{A23};
- la friche possède souvent de nombreuses espèces invasives; la plupart (annuelles) régressent naturellement lorsque la végétation naturelle se densifie, mais certaines (verge d'or...) peuvent subsister longtemps. Il peut alors être souhaitable de mener des actions ciblées : arrachage, fauche avant fructification^{A28}...
- certaines friches font l'objet d'une colonisation forte par les ligneux. Cette évolution peut être contrecarrée par un pâturage permanent, ou par coupe des rejets (avec traitement des souches à l'ail, plutôt que traitement chimique).

CRÉATION D'UN MARAIS

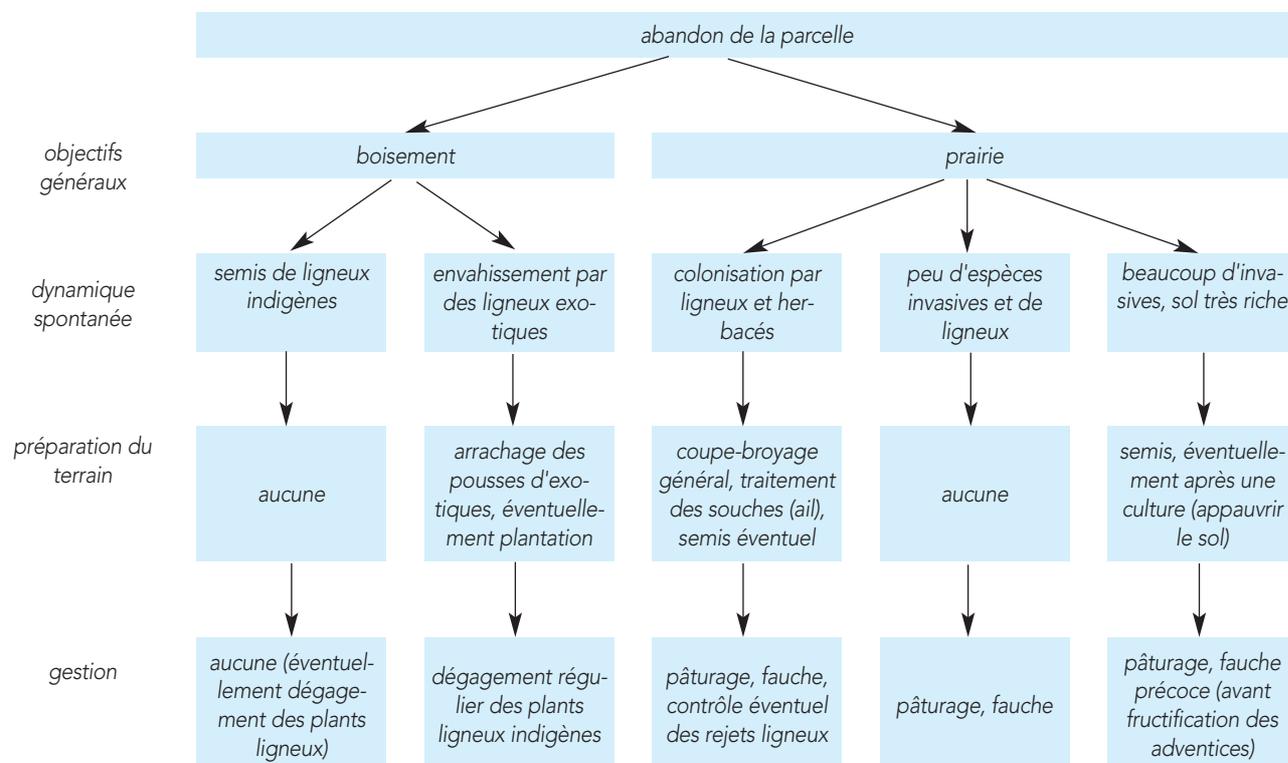
Dans certains cas, il est possible de créer un marais sur d'anciennes terres agricoles particulièrement humides. Les techniques utilisées sont la fermeture de drains, voire l'inondation volontaire par création de digue et alimentation en eau.



La réserve naturelle du marais d'Orx

Photo J.-L. Michénet

Processus de renaturation d'une parcelle agricole





RENATURATION DE TERRES CULTIVÉES



Le marais d'Orx

Ce vaste marais (Landes) a fait l'objet depuis 1858 d'une véritable polderisation*, avec assèchement par pompage et mise en culture (maïs). En 1986, faute de rentabilité, le pompage fut stoppé, permettant l'inondation du site. Le marais est acquis en 1989 par le Conservatoire du Littoral et est classé réserve naturelle sur 775 ha en 1995.

Le site actuel se compose de trois unités : un plan d'eau de 400 ha, un marais et un ensemble de 175 ha de prairies humides et boisements recréés.

Le marais présente un fort intérêt ornithologique, mais il connaît des problèmes. L'eau est hyper-eutrophe*, à cause de rejets et des engrais contenus dans les sols. La profondeur de l'eau, trop uniforme, a rendu nécessaire la création d'îles artificielles. La jussie, plante exotique, a totalement colonisé la partie marécageuse du site.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Fondation de France, 1994. Territoires dégradés, quelles solutions? trente-trois expériences de génie écologique pour valoriser les espaces abandonnés ou menacés. 116 p.

EXPÉRIENCES

Réserve naturelle de l'île de la Platière (renaturation en prairie, par pâturage). Rue César Geoffray, 38550 Sablons. Tél. : 0474843501, 0474842418.

Réserve naturelle de la Petite Camargue Alsacienne (recréation d'une prairie par semis). rue de la Pisciculture, 68300 Saint-Louis. Tél. : 0389897859, fax : 0389897858.

Réserve naturelle du marais d'Orx (renaturation en marais). Syndicat mixte pour la gestion et l'aménagement du marais d'Orx, Maison Béziers, 40530 Labenne. Tél. : 0559454246.

ÉTUDE DE CAS

K5 : Val d'Allier





VÉGÉTALISATION DES TERRAINS REMANIÉS



La végétalisation permet de favoriser le développement d'une couverture végétale sur des terrains remaniés, soit par des travaux (terrassement, réhabilitation de carrières^{MT}, recréusement d'annexes...), soit par une érosion anthropique* (déboisement, surfréquentation touristique...).

OBJECTIFS

La végétalisation a pour objectifs principaux :

- la protection des sols contre l'érosion superficielle,
- la rétention et le piégeage des sédiments et nutriments* par la végétation arbustive et arborée,
- la reconstitution d'une végétation diversifiée présentant à terme un intérêt patrimonial pour la faune et la flore,
- l'intégration des aménagements dans leur environnement.

MISE EN ŒUVRE

ANALYSE PRÉALABLE DU MILIEU

En premier lieu, il est nécessaire de connaître les caractéristiques écologiques du milieu, afin d'évaluer les chances de succès de la végétation introduite par rapport à la végétation spontanée :

- composition physico-chimique du substrat ; les situations sont extrêmement différenciées dans ce domaine, depuis le terrain totalement stérile jusqu'au dépôt de riche terre végétale,
- présence d'éléments toxiques, par exemple liés à d'anciennes pratiques agricoles ou industrielles,
- alimentation en eau, permanente ou temporaire,
- apports naturels de semences : cette analyse doit porter sur les aptitudes du milieu à se végétaliser de manière spontanée par des apports extérieurs ou exogènes (propagules depuis l'amont du bassin versant*, environnement végétal proche).

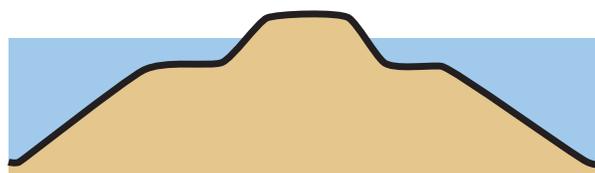
AIDE À LA COLONISATION SPONTANÉE

Il est souhaitable de favoriser la colonisation spontanée du site par la végétation, car les espèces écologiquement bien adaptées au site s'implantent de façon durable et présentent souvent un intérêt sur le plan patrimonial. Quelques conseils peuvent être fournis pour favoriser cette évolution :

- pendant des travaux en zone humide, conserver quelques parcelles de végétation naturelle, qui accéléreront la colonisation vers les zones remaniées,
- dans le détail du terrassement, favoriser les arrivées d'eau depuis la rivière, le plan d'eau voisin, ou le ruissellement,

- sur les berges, réaliser des banquettes qui permettront le dépôt des sédiments fins et des graines.

profil d'une île favorable à la végétalisation



ENRICHISSEMENT DU SOL (À PRATIQUER AVEC PRUDENCE)

Il peut être intéressant de renforcer la fertilité de terrains très minéraux par apport de terre végétale, voire d'engrais.

Cette mesure doit toutefois être utilisée avec discernement. Un sol trop riche est en effet favorable aux espèces rudérales banales, au détriment de plantes plus intéressantes et écologiquement adaptées. En outre, la terre ou les engrais peuvent être lessivés et contribuer à l'eutrophisation* de plans d'eau voisins.

En pratique, on évitera de trop enrichir le sol dans différentes situations, comme par exemple :

- restauration avec un objectif de diversité floristique,
- terrain soumis à fort ruissellement (pentes fortes), afin d'éviter la pollution des eaux,
- terrain proche d'un cours d'eau.

SEMIS ET PLANTATIONS D'HERBACÉES

Dans le cas où une opération de végétalisation est décidée, il est impératif de réaliser un semis dès la fin des terrassements, à la période favorable (prévoir un calendrier strict d'intervention), afin d'éviter la prolifération des espèces invasives et l'érosion par ruissellement.

Le semis doit être étudié en fonction des conditions du milieu. Les mélanges de graines doivent comporter 10 à 15 espèces indigènes, 50-70 % de graminées et 30-50 % de dicotylédones. Dans le temps, les végétaux semés sont plus ou moins remplacés progressivement par des espèces colonisant spontanément le site.

Les zones régulièrement en eau sont généralement bien colonisées par la végétation naturelle ; il est donc peu utile de les semer.

Les milieux les plus contraignants doivent toutefois être profilés et végétalisés spécifiquement : berges de canaux ou





retenues à fort marnage¹⁹, plans d'eau soumis à fortes vagues. Afin d'accélérer la végétalisation, il peut être intéressant de planter des végétaux semi-aquatiques et aquatiques : carex, roseaux... (Fraisie 1999, Verniers 1995).

PLANTATION D'ARBRES ET D'ARBUSTES

Il peut être souhaitable de planter des ligneux en bordure de berges, pour répondre aux objectifs suivants :

- stabiliser des versants soumis à une forte érosion : emploi des techniques du génie végétal (Lachat 1995),
- volonté paysagère d'intégration de l'aménagement dans son environnement.

Une réhabilitation à grande échelle : Arjus anx

La mine de lignite d'Arjus anx (Landes) a été exploitée par EDF durant 33 ans. Étendue sur 2200 ha, elle a entraîné le terrassement de 200 millions de m³.

Les terres stériles ont été profilées pour limiter leur érosion, puis enrichies en amendements et fumures organique.

Le réaménagement de ce site a été réalisé en vue de la création de quatre paysages :

- prairies : semis herbacé, puis gestion mécanique ou pastorale,
- landes : semis, entretien extensif (gyrobroyage) créant un paysage semi-ouvert ponctués de zones humides,
- forêt : plantation d'un million de ligneux (robiniers, aulnes, pins). Les robiniers ont été choisis pour fixer les sols et retenir l'azote; ils seront ensuite remplacés par des essences indigènes,
- plans d'eau : bassins extrêmement profonds (jusqu'à 20-30 m, 77 millions de m³ d'eau), acides et oligotrophes* (apports de chaux et de paille).

L'un des intérêts du site provient de la création de zones humides sur les remblais imperméables. Ainsi, de véritables tourbières à sphaignes se sont constituées spontanément.

Le site, classé en réserve nationale de chasse, a acquis une grande richesse ornithologique.

Il est ponctuellement utilisé pour les loisirs, la pisciculture. Il pourrait peut-être être utilisé pour le soutien des étiages de l'Adour.

Le coût de cette réhabilitation a été de 85 millions de francs répartis sur 15 ans, financés par EDF.

Les terrains remaniés sont souvent pauvres et les plantations sont très délicates à réussir. Il convient donc de bien choisir des espèces adaptées. Les petits sujets (jeunes plants forestiers de 0,5-0,7 m) sont beaucoup moins chers que les grands plants et ils s'adaptent mieux. En cas de

volonté d'une végétalisation rapide et spectaculaire, il peut être souhaitable de réaliser des fosses emplies de terre végétale, permettant de planter de gros sujets.

GESTION

Les plantations doivent donner lieu à un suivi et un entretien (arrosage en cas de sécheresse excessive, limitation des dégâts de rongeurs...). Après implantation des végétaux, le milieu évoluera spontanément. Il est nécessaire de suivre cette évolution, afin de contrôler si nécessaire la prolifération de plantes invasives²⁰. L'évolution vers le boisement peut être contrôlée par une gestion mécanique²¹ ou pastorale²².

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Andrews (J.), Kinsman (D.), 1990. Gravel pit restoration for wildlife. A practical manual. Tarmac, RSPB, 184 p.

Fraisie (T.), 1999. Protection et végétalisation des zones de marnage* des plans d'eau. Guide méthodologique. Les études des agences de l'eau n° 66, 96 p.

Lachat (B.), 1994. Guide de protection des berges de cours d'eau en technique végétale. Ministère de l'environnement, DIREN Rhône-Alpes. 143 p.

Verniers (G.), 1995. Aménagement écologique des berges des cours d'eau. Techniques de stabilisation. GIREA, ETEC, Presses universitaires de Namur (Belgique), 77 p.

EXEMPLES DE RÉHABILITATION

Arjus anx : ancienne exploitation de lignite. Office National de la Chasse, BP 54, Arjus anx, 40110 Morcenx. Tél. : 0558079700, fax : 0558081267.

Miribel-Jonage (69, 01) : réhabilitation de 200 hectares de gravières alluvionnaires. SYMALIM, chemin de la Bletta, 69120 Vaulx-en-Velin. Tél. : 0478803067, fax : 0472040795.

Meuse (Pays-Bas) : restauration des berges d'une rivière canalisée. Border Meuse Project Bureau, PO Box 5700, NL6202 MA, Maastricht, Pays-Bas. Tél. : 3143897373.

ÉTUDE DE CAS

K 12 : La Bassée





LUTTE CONTRE LES ESPÈCES EXOTIQUES

La lutte contre les espèces exotiques végétales ou animales consiste à éliminer l'espèce introduite ou à contrôler sa prolifération.

OBJECTIFS

L'apparition d'espèces exotiques dans un milieu constitue une menace car après une phase d'installation, elles peuvent proliférer et entraîner des dysfonctionnements de l'écosystème[®]. A l'exception de certains cas, où toute végétation est indésirable (canaux d'irrigation et de drainage) ou encore lorsque l'espèce animale est particulièrement nuisible, les objectifs ne visent pas l'éradication mais plutôt le contrôle de la prolifération.

MISE EN ŒUVRE

MÉTHODES PRÉVENTIVES

En France, depuis 1995, la loi Barnier énonce un principe général d'interdiction pour l'introduction dans le milieu naturel : « Interdire l'importation d'espèces exotiques et éviter leur lâcher sur le territoire français ». Elle sanctionne à la fois les introductions volontaires et involontaires mais permet les dérogations délivrées par l'état.

D'autre part la sensibilisation des différents usagers des zones humides à ces problèmes d'introduction permettrait d'éviter le lâcher de certaines espèces comme la tortue de Floride.

Avant d'engager des actions sur le milieu (restauration, création...), il convient de mesurer le risque de prolifération de certaines espèces exotiques. Il s'agit de ne pas créer des conditions favorables à la prolifération de ces espèces. Par exemple il ne faut pas laisser un sol remanié ouvert à l'invasion de ces espèces très colonisatrices mais le semer.

MÉTHODES CURATIVES

Actions sur les milieux

Ce type d'actions repose avant tout sur la connaissance des exigences écologiques des espèces invasives, en particulier des espèces végétales. Il s'agit soit de modifier les conditions du milieu afin d'obtenir des conditions incompatibles avec leur survie, soit de laisser faire l'évolution du milieu :

- **Modifier la qualité des eaux**

Les conditions physico-chimiques et la quantité de sédiments influencent la nature et l'abondance des espèces. Toute action sur le bassin versant* visant à réduire les apports en matière organique ou en nutriments* peut contribuer à limiter certains végétaux indésirables.

- **Laisser le milieu se fermer**

Exemple

Dans la réserve de l'étang de St. Ladre, le gestionnaire lutte contre l'invasion de la renouée du Japon en laissant les ronces envahir le milieu. Les ronces sont plus compétitives que cette espèce. Le robinier et l'érable négundo peuvent marquer des étapes de la succession végétale et être remplacés respectivement par le chêne et le frêne indigènes.

- **Agir sur le niveau d'eau et la date de mise en eau**

Une mise en eau tardive (en mai) favorise le chiendent alors qu'une mise en eau précoce lui est défavorable car elle avantage les espèces concurrentes. Il est possible d'assécher le plan d'eau en hiver dans l'objectif d'éliminer certaines espèces de poissons exotiques (perche-soleil, poisson-chat) et de favoriser les amphibiens autochtones.

- **Créer des crues artificielles**

La création de ces écoulements à des périodes judicieuses peut limiter le développement de certaines espèces végétales.

Actions sur les espèces

Souvent ces méthodes ne sont pas définitives car la totalité de la population est rarement éliminée et recolonise le milieu après.

- **Contrôle manuel des végétaux**

La récolte manuelle des plantes indésirables est sans doute la première méthode employée. Pratiquée au stade de l'installation, l'arrachage manuel, ponctuel et régulier de la totalité de l'individu est efficace car le nombre de plantes reste limité.

- **Contrôle mécanique des végétaux**

Le curage et le dragage sont des techniques employées, dont l'objectif initial n'est pas le contrôle des plantes. Il s'agit d'extraire les dépôts minéraux et organiques accumulés sur le sol. C'est une méthode de grande ampleur, au coût élevé et utilisé pour les grands plans d'eau. Intervenant sur les parties des plantes enfouies dans le sédiment, ces méthodes peuvent avoir un impact non négligeable sur les plantes invasives.

La coupe ou faucardage, le gyrobroyage sont des méthodes très utilisées respectivement dans la gestion des macrophytes et des arbres. Parce qu'elles ne tuent pas les plantes mais ont pour objectif d'épuiser les réserves de la plante, ces méthodes sont associées à l'écrasement par divers engins, ou la mise en place de bâche plastique. La récolte des plantes est de plus en plus nécessaire pour éviter les risques de déficit en oxygène en milieu aquatique, le risque de recolonisation par les rejets (robinier) et la multiplication





végétative. L'incision du pourtour du tronc qui entraîne la mort de l'arbre en quelques années, le dessouchage puis le broyage sont des variantes efficaces mais onéreuses.

• Contrôle mécanique des animaux

Le tir, le piégeage, l'ouverture des terriers sont employés sur les mammifères indésirables comme le rat musqué et sur le ragondin. Certains pièges comme les pièges vulnérants ou immergés peuvent aussi porter atteinte à des espèces protégées notamment la loutre. Les pêches au filet, les pêches électriques sont des méthodes peu sélectives pour les poissons.

Le cas du ragondin

Originaire d'Amérique du nord, le ragondin est un rongeur qui a colonisé presque l'ensemble des départements. Les populations sauvages sont issues de fermes d'élevage. Cette espèce est pour l'essentiel végétarienne et peut modifier considérablement la végétation du plan d'eau. Chaque individu consomme 25 % de son poids en matière végétale fraîche par jour. S'il est grand consommateur de phragmite, il préfère le typha. Il intervient dans la régression des roselières dans presque tous les pays d'Europe. Ils peuvent aussi causer d'importants dégâts aux digues dans lesquelles ils creusent des cavités importantes (canaux et terriers) qui fragilisent l'édifice. Ils utilisent les mottes de carex comme reposoir et dégradent les nids de canards installés dessus. La lutte contre cet imposant rongeur peut se faire toute l'année (au fusil en hiver, au piège le reste de l'année). Le coût des méthodes de lutte contre le ragondin peut aller jusqu'à 700000 F/an pour le Maine-et-Loire. La comparaison entre ce chiffre et l'estimation du coût des dégâts est rarement effectuée.

Si dans certains cas, l'action du ragondin peut être considérée comme favorable aux objectifs d'un gestionnaire (ouverture du milieu, élimination du typha), le rat musqué ne semble présenter aucun avantage. Leurs galeries dans les digues peuvent avoir des conséquences dramatiques car elles les traversent en provoquant des fuites importantes. La lutte contre ce rongeur est du même ordre que celle du ragondin.

• Contrôle biologique

Une grande variété d'organismes peut limiter la croissance des végétaux (champignons, insectes, mollusques, poissons, oiseaux, mammifères). Le pâturage des grands herbivores (bovin et équin), mode de gestion de la végétation le plus documenté, est efficace si les plantes sont appétissantes comme la verge d'or ou le chiendent des eaux alors que la jussie ne l'est pas. L'utilisation de poissons herbivores (carpe chinoise) est une autre solution déjà utilisée. Cependant leur introduction contrôlée et interdite dans les eaux non closes peut entraîner d'autres conséquences négatives sur la faune indigène (destruction de pontes

d'amphibiens, introduction de parasites...).

• Contrôle chimique

Le problème de l'utilisation de produits chimiques est leur devenir dans l'environnement mais aussi leur absence de sélectivité à l'origine de déséquilibres écologiques. Ainsi le seul herbicide efficace (le glyphosate) pour la renouée du japon n'est pas spécifique de cette espèce. La roténone est un autre poison chimique en milieu aquatique, relativement peu toxique et à utiliser exclusivement en hiver pour éliminer les poissons alors que le milieu aquatique est pauvre en espèces. Le poison contre le ragondin et le rat musqué menace d'autres espèces de mammifères.

En résumé :

- il s'agit d'être sûr que l'espèce pose un problème,
- il s'agit de connaître sa dynamique de populations, notamment le caractère fugace ou permanent de l'invasion ainsi que ses relations avec la qualité du milieu,
- il est souvent trop difficile d'éradiquer.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCE

CEMAGREF Direction générale. Parc de Tourvoie, BP 44, 92163, Antony Cédex. Tél. : 0140966121, Fax : 0146663744. Section Eau et ingénierie en environnement Fax : 0140966124. Section Gestion des Écosystèmes aquatiques. Fax : 0140966117.

Université de Metz, Laboratoire de Phyto-écologie, UFR, Faculté des Sciences, Île du Saulcy, 57045 Metz CEDEX 01. Tél. : 0387315333.

Station Biologique de la Tour du Valat, Le Sambuc, 13200 Arles. Tél. : 0490972013, fax : 0490972019.

BIBLIOGRAPHIE

Actes de Colloque 1997. Les introductions d'espèces dans les milieux aquatiques continentaux en métropole. Enjeux, conséquences et recommandations. Bull. Fr. Pêche Pisciculture, 344-345, 516 p.

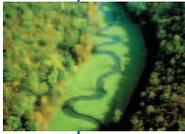
Muller S. et al., 1997. Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. Étude interagences de l'eau coordonnée par J. Prygiel (Agence de l'Eau Artois-Picardie) réalisée par le GIS « Macrophytes des eaux continentales ». Les études de l'agence de l'eau n° 68.

Voser-Huber M.-L., 1992. Verges d'or. Problèmes dans les réserves naturelles. Cahier de l'Environnement n° 167, Nature et paysage. Publié par l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et des paysages. Berne.





GESTION RAISONNÉE DE LA DÉMOUSTICATION



Les moustiques pondent sur l'eau ou sur le sol des zones humides. Les œufs pondus sur l'eau éclosent immédiatement. Ceux pondus sur le sol restent en attente d'une submersion (crue, fortes pluies) pour éclore. Il en sort alors des larves qui vivent et se nourrissent dans l'eau mais respirent à la surface. Le dernier stade de la vie aquatique est la nymphe d'où émerge le moustique adulte.

Les moustiques sont indésirables essentiellement pour leur piqûre et la possibilité de transmission de maladies. En France, le paludisme a été éradiqué en 1950. Cependant les moustiques du genre *Anopheles* transmettant le protozoaire parasite existent encore dans beaucoup de zones humides européennes. Il n'est pas impossible de voir resurgir cette fièvre paludéenne en France d'autant plus qu'un cas de transmission locale a été noté en Italie en 1997.

OBJECTIFS

La démoustication est l'ensemble des moyens qui permettent de limiter les populations de moustiques à un seuil raisonnable. Il est devenu essentiel d'éliminer les moustiques tout en limitant les risques de pollution des eaux^{me} à cause de la pollution des eaux par les insecticides.

Les moustiques ou culicides sont des insectes appartenant à l'ordre des diptères. Seules la femelle pique car elle a besoin des protéines du sang pour élaborer ses œufs. Elle peut survivre en se nourrissant du nectar des fleurs, mais elle ne peut se reproduire. Il en existe environ 2000 espèces dans le monde. Une quarantaine d'espèces existent sur le littoral méditerranéen, un peu moins d'une quarantaine dans les zones humides de la région Rhône-Alpes. Chaque espèce présente des exigences écologiques particulières (température, qualité de l'eau...) et des variations du cycle de développement (date d'éclosion, vitesse de développement...). Certaines n'agressent que les animaux, d'autres sont vulnérables aussi pour l'homme. Il est important de connaître ces données biologiques pour pouvoir lutter efficacement contre les espèces nuisibles. Ainsi il est possible d'associer certaines espèces à des unités de végétation et à la durée de mise en eau, ce qui permet d'élaborer une carte écologique permettant d'ajuster les campagnes de traitement.

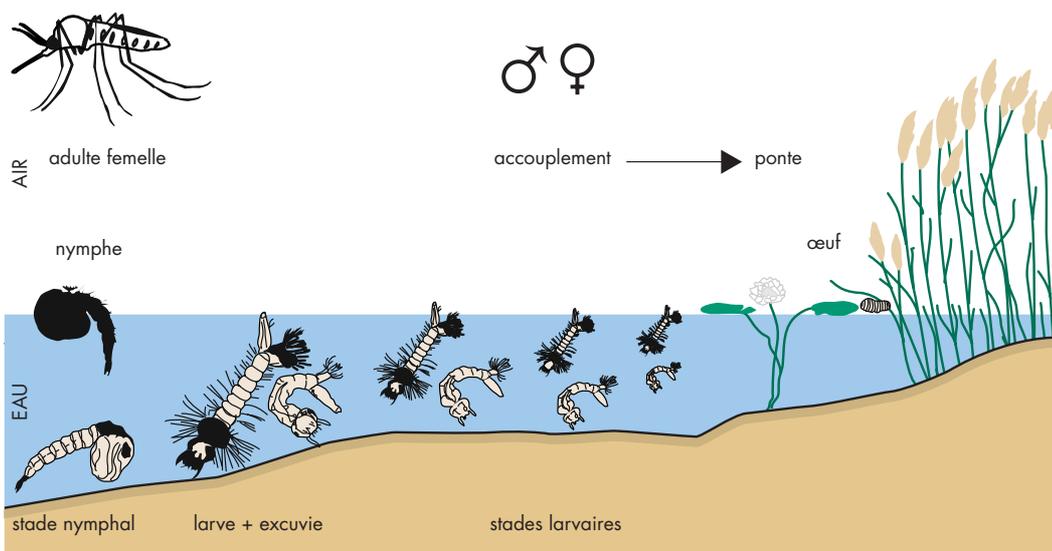
LA LUTTE CONTRE LES MOUSTIQUES ADULTES

Les moyens de lutte anti-adultes existent, mais ils supposent des épandages aériens ou des sulfatages au sol d'insecticides de synthèse sur de grandes surfaces. Il n'existe pas d'insecticide spécifique du moustique et donc tous les

autres insectes sont atteints par ces produits, notamment les abeilles mais également des poissons. Cette éradication des adultes, lorsqu'elle reste locale et ponctuelle, présente peu de danger à long terme pour le milieu, mais elle est d'un mauvais rapport qualité/prix.

LA LUTTE CONTRE LES LARVES

L'assèchement permanent des zones humides qui est un moyen traditionnel efficace de lutte contre les moustiques est aujourd'hui à proscrire compte tenu de la politique de préservation des zones humides. Cependant, il est possible d'intervenir localement par traitement mécanique en contrôlant l'obstruction des fossés par le faucardage de la végétation et l'élimination



Cycle de vie du moustique (genre *Culex*).

MISE EN ŒUVRE

La lutte contre les moustiques peut avoir pour cible les adultes ou les larves.





En 1984, les français ont dépensé 120 millions de francs en insecticides aérosols individuels pour se débarrasser de leurs ennemis saisonniers !

des bois mort afin de favoriser l'évacuation des eaux de surface en moins de huit jours (le temps de développement des larves en été).

La lutte chimique emploie des produits synthétiques ou d'origine végétale pour éliminer les larves. Encore utilisés en Afrique mais interdits en France depuis 20 à 30 ans, les organochlorés non biodégradables et très rémanents comme le DDT ont des effets pervers qui n'entraînent pas la mort immédiate des animaux qui l'ont ingéré mais peuvent être accumulés au niveau des graisses et créer des effets toxiques à long terme et même avoir des incidences sur la reproduction.

Les organophosphorés (abate et fénitrothion) sont moins toxiques mais ils ne sont pas spécifiques des moustiques. Leur utilisation a favorisé dans certaines régions le développement de gènes de résistance et la fabrication d'enzymes de détoxification. Cette adaptation des moustiques obligerait à recourir à des produits plus toxiques et à des méthodes de lutte plus coûteuses désormais inacceptables sur les plans économique, écologique et social.

La lutte biologique et les bioinsecticides utilisent les ennemis naturels des moustiques. L'introduction dans les eaux douces de larves de moustiques non piqueurs, de poissons larvivores (gambusie) a partiellement réussi. Plusieurs inconvénients (acclimatation des espèces, résistance à la température du poisson, cannibalisme des larves de moustique, non sélectivité) limitent l'efficacité de telles méthodes. Récemment un pesticide biologique a été mis au point : le BTI (*Bacillus thuringiensis israelensis*, appelé BT serotype H14). Il s'agit de sécrétions bactériennes qui ne sont actives que sur les larves de certains diptères (moustiques et simules principalement) en détruisant leur tube digestif. Malheureusement, les chironomes (les vers de vase des pêcheurs) sont sensibles également au BTI. Ils sont très importants comme chaînon alimentaire pour les autres insectes, poissons, amphibiens et oiseaux, et leur atteinte par ces traitements pose problème.

Dans la lutte contre les moustiques, il est important au préalable :

- d'identifier la provenance des moustiques pour prouver qu'ils sont issus des zones humides et non pas de vidè-sanitaires, des bassins, des récipients ou des vieux pneus abandonnés à la pluie,

- de choisir les insecticides ou les bioinsecticides les moins toxiques pour l'homme et les animaux domestiques, la faune compagne (macroinvertébrés, batraciens, poissons...). L'utilisation du BTI reste la meilleure solution à l'heure actuelle mais elle est assez coûteuse lorsque la surface est importante, car il nécessite l'utilisation d'un hélicoptère ou d'un ULM. D'autre part, son impact sur les chironomes doit être davantage suivi.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Entente Interdépartementale Ain-Isère-Rhône-Savoie pour la Démoustication. BP 2, Chindrieux. Tél. : 0479542158, fax : 0479542841.

EID Méditerranée, opérateur public en zones humides 165, rue Paul Rimbaud, BP 6036, 34030 Montpellier CEDEX 1. Tél. : 0467 636763, fax : 0467 635405.

IRD (ex ORSTOM), Laboratoire de morpho-anatomie des vecteurs, IRD, BP 5045, 34032, Montpellier CEDEX 1, Montpellier. Tél. : 04674161.

Laboratoire de Génétique et environnement. Institut des sciences de l'évolution. Université de Montpellier II.

Groupe Français des Pesticides (GFP), Institut universitaire de technologie, 66025 Perpignan CEDEX. Tél. : 0468501556.

BIBLIOGRAPHIE

Heurteaux P., 1999. À propos des moustiques de Camargue... et de la démoustication. Le Courrier de la Nature N° 177, 17-21.

Ozenda P. & Pautou G., 1971 (sous la direction de). Un essai d'écologie appliquée : la démoustication de la région Rhône-Alpes. 61 p. E.I.D. & Université de Grenoble.

Poirié M. & Pasteur N., 1991. La résistance des insectes aux insecticides. La Recherche 234 Juillet-Août, 874-882.

Pont D., 1987. Impact prévisible d'une opération de démoustication au BTI sur la faune des milieux aquatiques de Haute-Camargue. Rapport d'étude Parc Naturel de Camargue, 88 p.





PROTECTION JURIDIQUE DES ZONES HUMIDES



OBJECTIFS

La protection juridique a pour objectif de fournir des moyens pour maîtriser la gestion de l'espace pour conserver, restaurer et mettre en valeur les zones humides. Elle vise à prévenir une dégradation ou une disparition d'un patrimoine écologique.

La portée des outils juridiques correspondants est nationale et internationale. L'origine est issue de législations très diverses : droit rural, civil, de l'urbanisme et de la protection de la nature pour les principaux.

MISE EN ŒUVRE

Il est possible de classer ces différents instruments de protection en 6 groupes en fonction de l'origine et du cadre d'application :

- protection issue d'engagements internationaux,
- protection relevant d'obligations réglementaires,
- protection dans le cadre de structures de gestion l'espace,
- protection au travers d'outils d'orientation et de planification,
- protection par le biais de mesures incitatives et contractuelles,
- protection par maîtrise foncière et d'usage.

Le tableau ci-contre reprend cette structuration et présente les caractéristiques principales de chaque disposition : objectifs, contexte juridique, intérêts et limites majeurs.

Enfin, dans un souci de hiérarchisation, chaque outil de protection est noté en fonction de son efficacité, la note allant de 1 (min.) à 3 (max.). Bien que revêtant une certaine part de subjectivité, ce système de notation permet de rapidement repérer les outils les plus efficaces.

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Les textes réglementaires ou législatifs sont signalés dans la colonne « contexte juridique » du tableau, mais aussi : SRPN, Atelier technique. 1991. La gestion et la protection de l'espace en 30 fiches juridiques.

Dénomination	Objectifs	Contexte juridique	Intérêts	Limites	Niveau de protection des ZH
Protection issue d'engagements internationaux					
Zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitat des oiseaux d'eau (Ramsar*)	Enrayer la tendance généralisée à la disparition des zones humides et favoriser leur conservation en incitant à leur utilisation rationnelle (conciliation des intérêts économiques et écologiques).	Convention de Ramsar du 2 février 1971 Ratification par la France en 1986.	Reconnaissance de la valeur patrimoniale des ZH à l'échelle internationale. Engagement des pays à mettre en œuvre des plans de gestion dans une optique de protection.	Constitue uniquement un label international sans véritable portée juridique. A combiner avec des outils réglementaires nationaux	2
Réserves de biosphère	Acquisition de connaissances fondamentales et appliquées à la gestion et à la conservation des milieux dans le but de soutenir un développement durable.	1974 : émergence du concept par un groupe de travail Unesco-ONU. 1984 : mise en place du plan d'action.	Gestion et suivi scientifique nécessaires	Peu nombreuses (7 en France). Moyens financiers faibles	2
Réserves Biogénétiques du Conseil de l'Europe	Préservation des habitats et des écosystèmes contribuant au maintien de l'équilibre biologique et à la conservation d'échantillons représentatifs du patrimoine naturel européen.	Réseau européen engagé en 1976.	Incite les états à mettre en place un statut juridique strict de protection.	L'appartenance au réseau ne constitue en rien une obligation de mise en œuvre de mesures de protection légales.	2



Dénomination	Objectifs	Contexte juridique	Intérêts	Limites	Niveau de protection des ZH
Sites inscrits au patrimoine mondial de l'humanité au titre de leur valeur naturelle	Conservation et protection de sites d'importance internationale possédant une valeur comme patrimoine « culturel » ou « naturel » en l'occurrence.	Convention de Paris (Unesco) décret n° 76/160 du 10 février 1976.	Reconnaissance internationale de la valeur d'un site incitant à sa protection.	Absence de gestion véritable.	1
Convention de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe	Institution d'une protection minimale de la grande majorité des espèces sauvages végétales et animales ainsi que de leurs habitats en Europe.	Convention de Berne du 19 septembre 1979 ratifiée par la France en 1990.	Protection des zones humides en leur qualité d'habitat majeur pour nombre d'espèces.	L'engagement des pays signataires est uniquement moral et se limite à une déclaration d'intention.	2
Convention de conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage	Protection de l'ensemble des espèces migratrices sur tout leur parcours de migration.	Convention de Bonn du 23 juin 1979 ratifiée par la France en 1990.	Protection stricte des espèces concernées ainsi que leurs divers habitats qui bien souvent sont des zones humides.	Les États membres n'ont pas l'obligation de suivre les recommandations du Comité Scientifique.	2
Protection relevant d'obligations réglementaires					
Zones de Protection Spéciales (ZPS)	Protection des habitats nécessaire à la survie et à la reproduction des oiseaux sauvages rares ou menacés.	Directive « Oiseaux » n° 79/409/CEE du 2 avril 1979.	Réglementation très stricte. Zones intangibles une fois définies.		3
Zones Spéciales de Conservation (ZSC)	Protection d'espèces végétales et animales ainsi que des habitats naturels remarquables afin de favoriser le maintien de la biodiversité*.	Directive « Habitats » n° 92/43/CEE du 21 mai 1992.	Réalisation d'un document d'objectif pour chaque zone et possibilité de financer des contrats d'entretien	Seuls les sites d'intérêt communautaires sont concernés	3
Prescriptions de protection prévues par la loi « Montagne »	Protection des espaces, paysages et milieux les plus remarquables du patrimoine naturel montagnard tels que les grottes, les tourbières, les lacs, les cours d'eau de première catégorie...	Dispositions de la Loi « Montagne » du 9 janvier 1985 et intégrées au Code de l'Urbanisme par l'article L.145-7.	Protection des plans d'eau de surface supérieure à 1000 ha. Interdiction de construction à moins de 300 m des plans d'eau.		2
Prescriptions de protection prévues par la loi « Littoral »	Protection obligatoire de milieux caractéristiques du patrimoine naturel du littoral parmi lesquels figurent les marais, les vasières, les tourbières, les plans d'eau, les zones humides et les milieux temporairement immergés.	Dispositions de la loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral, reprises par le Code de l'urbanisme : art.L.146-6; art.R.146-1 et art.R.146-2.	Obligation faite à tout document d'urbanisme (SDAU, POS) de préserver les zones humides littorales, limitant ainsi les atteintes urbanistiques à ces milieux.	Aucune limitation des activités agricoles potentiellement nuisibles aux zones humides. Existence de dérogations pour les aménagements publics (art.146.8).	2

PROTECTION JURIDIQUE DES ZONES HUMIDES



Dénomination	Objectifs	Contexte juridique	Intérêts	Limites	Niveau de protection des ZH
Prescriptions de protection prévues par la loi sur l'eau	Protection contre la destruction des zones humides par assèchement, remblai ou imperméabilisation de telles opérations étant soumises au régime de déclaration/autorisation.	Décret n° 93-743 du 29 mars 1993 en application de l'article 10 de la loi.	Instauration d'un cadre réglementaire précis (nomenclature).	Étude d'incidence nécessaire	2
Prescriptions de protection prévues par la loi pêche	Préservation des milieux aquatiques par le biais d'une gestion équilibrée.	Art. L.230-1 et L.233-2 de la loi « Pêche ».	Obligation à tout propriétaire d'un droit de pêche de participer à la protection des milieux aquatiques.	La protection porte avant tout sur le milieu aquatique et accessoirement aux milieux qui y sont rattachés, dont les ZH	1
Arrêtés Préfectoraux de Conservation de Biotope* (APB)	Prévention de la disparition d'espèces protégées par la protection de leur habitat.	Loi du 10 juillet 1976 reprise par le Code Rural (art. L.211-2; R.211-12 à R.11-14).	Procédure rapide à mettre en place, avec une réglementation adaptée à chaque situation.	Aucun moyen de gestion du site sans l'accord des propriétaires. Pas d'obligation de mettre en place une gestion	3
Sites et monuments naturels	Protection de sites sur la base de leur intérêt artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque.	Loi du 2 mai 1930, décret n° 69-607 du 13 juin 1969.	Classement des ZH au titre de leur intérêt scientifique. Mesures de protection assez fortes.	Procédure de classement généralement longue et lourde. Absence de plan de gestion	2
Protection dans le cadre de structures de gestion de l'espace					
Parcs Nationaux	Protection des milieux naturels de qualité remarquable.	Loi du 22 juillet 1960 reprise par le Code Rural (art. L.241-1 à L.241-20; R.241-1 à R.241-71).	Protection durable. Le parc assure la surveillance et la gestion des milieux.	Procédure longue et complexe, peu de pression anthropique*	3
Réserves Naturelles (RN)	Protection d'une partie du territoire présentant notamment des espèces animales, végétales et des biotopes* d'importance particulière ou menacés.	Loi du 10 juillet 1976 reprise par le Code Rural (art. L.242-1 à L.242-27; R.241-1 à R.241-71).	Réglementation propre au site. Gestion coordonnée au niveau national et financement par l'État.	Procédure très longue	3
Réserves Naturelles Volontaires (RNV)	Protection de la faune et de la flore sauvage, de propriétés privées, à intérêts particuliers sur les plans scientifiques et/ou écologique.	Code Rural art. L242-11 et L242-12; R242-26 à R242-35.	Procédure rapide et fortes mesures de protection.	Pas applicable au domaine public. Pas de financement par l'État.	3
Réserves Biologiques Domaniales et Forestières	Sauvegarde de la faune, de la flore ou de toute autre ressource naturelle qui appartient soit au domaine forestier de l'État soit à des collectivités locales et soumises au régime forestier (gérées par l'ONF).	Conventions générales entre les Ministères de l'Environnement et de l'Agriculture du 3 février 1981 (forêts domaniales) et du 14 mai 1986 (forêts non domaniales).	Mesures faciles à mettre en œuvre et permettant de prévoir une protection intégrale ou une gestion dirigée d'un biotope* forestier particulier.	Les secteurs concernés sont en général limités afin de pas nuire à l'exploitation forestière traditionnelle.	3

Dénomination	Objectifs	Contexte juridique	Intérêts	Limites	Niveau de protection des ZH
Forêts de protection	Conservation des forêts reconnues comme nécessaires à bien des titres (protection contre les glissements de terrain, les avalanches ou l'érosion, bien être des populations, intérêt écologique).	Art L.411-1 et suivants; art R.411-1 et suivants du Code Forestier.	Permet la protection stricte de zones humides appartenant à ces forêts.	Les zones humides ne constituant pas l'objet à protéger, des plans de gestion adaptés non pas été prévus.	1
Réserves nationales de chasse et réserves de chasse et de faune sauvage	Protection du gibier et de ses habitats.	Art. L.222-21 et L.222-25; art. R.222-65 à R.222-67 et R.222-92 du Code Rural.	Protection des milieux abritant des espèces chassables en limitant l'usage des sites (maintien des zones humides par la réglementation du drainage).	Absence de gestion écologique des sites concernés.	2
Parcs Naturels Régionaux (PNR)	Protection, développement et promotion de territoires régionaux au patrimoine naturel ou culturel, riche mais fragile.	Création par le décret du 1er mars 1967 complété par la loi « paysage » du 8 janvier 1993 (art L.244-1).	Les zones humides présentes dans ces parcs sont susceptibles de bénéficier de la politique de protection, d'aménagement et de valorisation des territoires concernés.		
Protection au travers d'outils d'orientation et de planification					
Zones Naturelles d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF)	Inventaire aussi exhaustif que possible des espaces naturels dont l'intérêt repose soit sur l'équilibre et la richesse de l'écosystème, soit sur la présence d'espèces de plantes ou d'animaux rares et menacés.	Circulaire n° 91-171 du 14 mai 1991 du Ministère de l'Environnement.	Recensement de l'essentiel des zones humides. Nécessaire prise en compte par l'administration et les collectivités territoriales pour tout projet d'aménagement.	Porté à connaissance parfois insuffisant. Aspect réglementaire de cet outil	2
Zones ND des POS	Délimitation de zones naturelles à conserver en vue de protéger les milieux naturels de toute nuisance ou dégradation, en raison de leur intérêt écologique, paysager...	Code de l'urbanisme, L.123-1 à L.123-12 et R.123-1 à R.123-36.	Création obligatoire dans tout POS. Constructions interdites. Possibilité d'instaurer un zonage spécifique NDh pour les zones humides	Révision fréquente des POS	2
Espaces boisés classés	Protection ou création de boisements dans le cadre du plan d'occupation des sols.	Loi du 10 juillet 1973, reprise par le Code de l'Urbanisme art. L.130-1.	Permet la protection de zones humides situées en zones boisées (un seul arbre suffit depuis la Loi « paysage »).	Peu adapté à la protection des zones humides, empêche une gestion pertinente en cas d'envisagement par les ligneux	1
SDAGE et SAGE	Mise en pratique du principe de gestion équilibrée de l'eau institué par la loi sur l'eau de 1992, par la définition d'orientations auxquelles devront se conformer les programmes et décisions administratifs dans le domaine de l'eau.	Art 3 et 5 de la Loi sur l'eau du 3 janvier 1992.	Politique globale de restauration et préservation des milieux aquatiques et des zones humides notamment par le biais de divers contrats : contrats de rivière et de baie, contrats de plan État/Régions, contrats de gestion État/Collectivités locales...	Uniquement opposable à l'administration au sens général (État, collectivités locales, établissements publics). Seule une simple « prise en compte » des orientations est imposée (aspect réglementaire)	2



PROTECTION JURIDIQUE DES ZONES HUMIDES



Dénomination	Objectifs	Contexte juridique	Intérêts	Limites	Niveau de protection des ZH
Protection par le biais des mesures initiatives et contractuelles					
Fonds de gestion de l'espace rural	Concourir à l'extensification et à la gestion des zones en déprise, au façonnage et à l'entretien des paysages et enfin à la prévention des risques naturels (opérations de gestion subventionnées à hauteur de 80 %).	Institués par la loi du 4 février 1995 (orientation et aménagement du territoire) et intégrés au Code Rural par l'art. L.112-16.	Les subventions sont allouées selon un système de pondération des milieux concernés, les zones humides étant affectées du plus fort coefficient.	Fonds prioritairement accordés aux agriculteurs. Peu d'argent	1
Mesures agri-environnementales	Promotion de la complémentarité entre activité agricole et gestion de l'espace, priorité étant accordée pour les milieux rares et sensibles. Introduction de pratiques agricoles compatibles avec les exigences de protection de l'environnement.	Règlement européen n° 2078 du 30 juin 1992 dit « agri-environnemental » dans le cadre de la réforme de la Politique Agricole Commune.	La moitié des aides versées profitent aux zones humides en incitant au fauchage et pâturage des prairies humides qui favorisent le maintien de la biodiversité*.	Primes versées trop faibles comparativement à celles incitant à une intensification de la production qui s'effectue souvent au détriment des zones humides (aides au drainage).	1
Programme LIFE : Instrument Financier pour l'Environnement.	Gestion des espaces naturels les plus exceptionnels et décrits comme zones d'intérêt national ou européen de par la présence d'espèces faunistiques ou floristiques remarquables ou menacées (réseau Natura 2000 = ZPS + ZSC).	Créé par le règlement communautaire du 21 mai 1992.	Zones humides directement concernées par les subventions d'opérations de gestion qui sont allouées (de 50 % à 75 % selon les cas).	S'applique uniquement aux sites intégrés dans le réseau Natura 2000	2
Protection par maîtrise foncière et d'usage					
Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres	Mener une politique foncière de sauvegarde du littoral, de respect des sites naturels et de l'équilibre écologique.	Création par la loi du 10 juillet 1975 (établissement public à caractère administratif) et intégré au Code rural par l'article L.243-1.	Pérennité de la protection.	Pas d'expropriation par le CELRL	3
Conservatoires Régionaux des Espaces Naturels	Sauvegarder des milieux naturels et conserver leur richesse biologique par maîtrise foncière et d'usage, par la mise en œuvre d'une gestion adaptée, d'animations locales et de suivis techniques.	Loi du 1 ^{er} juillet 1901 relative au statut des associations.	Gestion des milieux réalisée avec compétence et rigueur. Souplesse d'intervention	Budget de fonctionnement généralement peu important.	3





Dénomination	Objectifs	Contexte juridique	Intérêts	Limites	Niveau de protection des ZH
Fondations	Garantir à très long terme la destination et l'utilisation de terrains afin d'œuvrer en faveur de la protection de la nature.	Loi n° 87-571 du 23 juillet 1987 relatif au développement du mécénat.	Garantie de protection à très long terme. Reconnaissance d'utilité publique permet la perception de dons et legs et donne droit aux subventions des pouvoirs publics et des collectivités locales.	Reconnaissance d'utilité publique accordée de manière discrétionnaire par l'État.	3
Les Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural	Acquisitions de terrains et conduites d'opérations destinées à favoriser la protection de la nature et de l'environnement.	Créées par la loi n° 60-808 du 5 août 1960, leurs compétences en matière de protection de l'environnement leur ayant été conférées par la loi du 23 janvier 1990.	Droit de préemption. Pérennité de la protection et gestion intégrée.	L'action des SAFER en matière de protection de l'environnement en est à ses tous débuts et est largement freinée par l'opposition d'une partie de la profession agricole.	1
Espaces Naturels Sensibles du Département	Acquisition et gestion afin de préserver la qualité des sites, des paysages et des milieux naturels en vue de leur ouverture au public.	Loi du 18 juillet 1985, art. L.142-1 du Code Rural.	Droit de préemption et possibilité d'expropriation. Affectation du produit d'une taxe départementale perçue sur les constructions nouvelles.	Dans le cas de milieux particulièrement fragiles, la loi prévoit que les ENS ne soient pas ouverts au public.	3
Convention de gestion de sites appartenant à l'État	Assurer la conservation, la protection ou la mise en valeur du patrimoine national (notamment les sites naturels dont le caractère naturel doit être préservé), la gestion étant confiée à une collectivité, un établissement public, une SAFER ou un organisme privé.	Code du domaine de l'État, art. L.51-1 et art. R.128-1 à R.128-7.	Permet la « mise en valeur » écologique et la réhabilitation de milieux dégradés.	Procédure existant depuis 1981 mais qui reste très peu utilisée. Sa portée se limite au seul domaine de l'État et ne s'applique pas aux forêts soumises.	2
Conventions et baux ruraux	Protection de milieux dans le cadre de conventions de gestion ou plus largement en obtenant la maîtrise d'usage du site (concerne aussi bien des terrains publics que privés).	Art. 1101 à 1369 du Code Civil relatifs aux conventions et art.L.411-1 à L.411-78 du Code Rural relatifs aux baux ruraux.	Modularité de l'outil (contrat de droit privé). Pérennité de la protection (baux emphytéotiques de 99 ans).	Dans le cas de convention constituant un bail rural, le propriétaire est libre de procéder aux travaux permettant d'améliorer les conditions de son exploitation (drainage et assèchement de zones humides).	2





MESURES

AGRI-ENVIRONNEMENTALES OU CTE



On regroupe sous le terme de « mesures agri-environnementales » (MAE) l'ensemble des programmes et mesures visant à infléchir de façon contractuelle les pratiques et systèmes de production agricoles, afin de conforter leur contribution à la gestion de l'environnement ou de corriger certains de leurs effets négatifs. Il s'agit essentiellement des mesures régies par le règlement CEE 2078/92. Au niveau national, la nouvelle Loi d'Orientation Agricole (LOA) renforce cette orientation en instituant les Contrats Territoriaux d'Exploitation (CTE), dont la mise en œuvre est précisée par la circulaire du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche du 17 novembre 1999.

OBJECTIFS

L'agriculture actuelle, ou plutôt les agricultures et les systèmes de production actuels, résultent en partie de 40 années de productivisme. L'objectif quantitatif que s'était fixé la politique agricole a de ce point de vue été un franc succès, mais au prix d'un « coût environnemental » encore sous-estimé. En ce qui concerne la gestion des milieux prairiaux, humides et/ou inondables, cette évolution s'est traduite par une diminution continue des surfaces en prairie permanente et des surfaces inondables⁸⁸.

La LOA, (en particulier le dispositif CTE), vise à mieux rémunérer les fonctions positives remplies par l'agriculture, comme « coproduits » de la production agricole primaire. Parmi ces fonctions, la gestion des milieux semi-naturels et des paysages figure en bonne place. En confortant la mise en œuvre du règlement agri-environnemental en France, les CTE doivent donc contribuer à conforter les fonctions positives que peut remplir l'agriculture vis-à-vis de certaines zones humides.

Le Contrat Territorial d'Exploitation est un contrat volontaire signé entre l'exploitant agricole et l'État pour une durée de cinq ans. Il comporte deux volets, l'un socio-économique, l'autre territorial. C'est ce deuxième volet qui permet de prolonger les mesures agri-environnementales initiées depuis maintenant 10 ans en France et d'en instituer de nouvelles.

L'annexe 4 de la circulaire sus-citée précise 20 mesures types éligibles, dont nous avons retenues les suivantes dans la mesure où elles sont a priori favorables à certaines zones humides :

1. Reconvertir les terres arables en prairies.
4. Planter des dispositifs enherbés/créer des zones tampons⁸⁹.

5. Planter des éléments fixes du paysage (haies, mares...).
6. Entretien/réhabiliter des éléments fixes (haies, fossés, talus, mares...).
8. Modifier les traitements sanitaires pour réduire les pollutions¹⁵.
11. Diminuer les prélèvements d'eau sur l'exploitation⁹.
12. Créer ou conserver des zones d'expansion de crues¹⁴.
16. Utiliser la parcelle de façon raisonnée en fonction d'espèces naturelles.
18. Conserver les modes d'occupation des sols à intérêts paysager et patrimonial (dont par ex : marais et tourbières)⁹¹.
19. Réutiliser les milieux en dynamique de déprise²⁶.
20. Gérer de façon extensive des surfaces en herbe²².

MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre des CTE relève à la fois des administrations de l'environnement et de l'agriculture qui définissent des priorités et élaborent les programmes au niveau régional et départemental, ceci en concertation avec la profession agricole et les associations concernées, au sein de la Commission Départementale d'Orientation Agricole (CDOA). La constitution de ces CDOA a aussi été modifiée par la nouvelle LOA, en l'élargissant à quelques représentants d'associations de protection de la nature et d'usagers (chasseurs, pêcheurs). Sur le terrain, les principaux interlocuteurs des agriculteurs comme des associations restent les DDAF et les Chambres d'agriculture.

Un exemple de cahier des charges type

Pâturage extensif sur marais :

Pâturage extensif sur 8 mois ; pas de modification de l'état initial des lieux ; fertilisation minérale et organique interdite, pâturage exclusivement par bovins et/ou chevaux ; pas de pâturage hivernal (4 mois, de fin novembre à début avril) ; chargement maxi : 1 bovin/3 ha, ou un cheval/6 ha ; tenue d'un carnet de pâturage pour l'ensemble de l'exploitation.

Rémunération :

Plafond de 500 F/ha/an.





POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Ministère de l'Agriculture (MAP), DERF : M. Lebourdais.

Ministère de l'Environnement (MATE), DNP : T. Meunier, J. Racape.

Les DRAF et DIREN.

Les Chambres d'Agriculture.

BIBLIOGRAPHIE

Des mesures agri-environnementales au contrat territorial d'exploitation, compte rendu du séminaire des 10-11 au 11 juin 1998 à la Bergerie Nationale de Rambouillet.

ISARA. 1998. Évaluation des mesures agri-environnementales – Synthèse des évaluations régionales. Ed. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. ISARA, septembre 1998, Lyon. 140 p + annexes.

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 03/2000. Guide pratique du contrat territorial d'exploitation. Ed. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, février 2000, Paris. 80 p.

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 2000. Contrats territoriaux d'exploitation : 30 fiches pratiques de présentation. Ed. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, mars 2000, Paris. 65 p.

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 01/2000. Numéro spécial CTE. BIMA : Hors série n° 5. Ed. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Paris, janvier 2000, Paris. 34 p.

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 1999. Colloque CTE un enjeu de société – les leçons de préfiguration. Salon International de l'Agriculture, Paris le 4/03/99. Ed. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 1999. Contrat territorial d'exploitation. Actes du colloque du 29/06/99, Rambouillet. Ed. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

LPO & FNE. 1999. Contrat Territorial d'Exploitation : Aménagement du Territoire et Environnement. Ed. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Paris. 6p.





GESTION DE LA FRÉQUENTATION



OBJECTIFS

Parmi les nombreuses fonctions que les zones humides remplissent, leurs vocations écologique et patrimoniale[®] en font des zones très attractives, notamment sur le plan social et culturel (lieux de détente, de découverte, etc.). On ne doit pas oublier que ce sont des milieux fragiles.

La gestion de la fréquentation est donc indispensable pour éviter toute perturbation qui risquerait à terme de déranger l'équilibre du milieu, d'autant plus que le « tourisme vert » est en forte expansion.

L'organisation de la fréquentation permet de limiter la dégradation de la végétation, le dérangement de la vie faunistique, les dépôts de détritiques, les nuisances occasionnées par la circulation automobile, par les promeneurs, etc.

MISE EN ŒUVRE

La gestion de la fréquentation doit se baser sur les capacités d'accueil du milieu. Elle doit satisfaire deux points essentiels :

- faire découvrir au visiteur le milieu afin qu'il comprenne la nécessité de le préserver,
- limiter toute nuisance.

Avant d'établir un plan de gestion de la fréquentation, il est nécessaire de réaliser un bilan du site en terme de :

- sensibilité,
- pression exercée,
- possibilités de découverte offertes au public.

Selon ce bilan, un plan de gestion adapté pourra être mis en œuvre après la réalisation des études de faisabilité, et de l'étude d'impact du projet sur l'environnement qui doit être partie intégrante du processus d'analyse et de décision.

LES MOYENS DE CONTRÔLES

Les moyens pour contrôler, limiter, voire interdire la fréquentation sont nombreux :

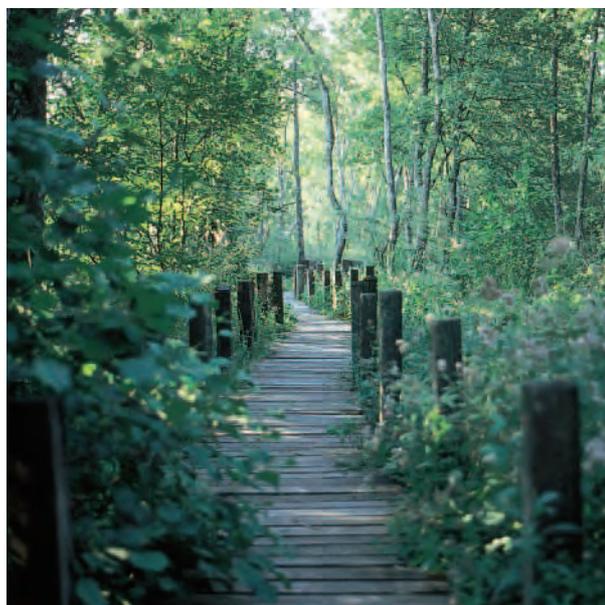
La discrétion au niveau de l'information, ainsi que dans les indications d'accès d'un site peut être un bon moyen d'éviter l'afflux des visiteurs.

Pour la fréquentation des visiteurs :

- L'ouverture d'un sentier de découverte permettant de visiter le site selon un parcours étudié, le moins perturbant possible, est un compromis idéal entre préservation du milieu et information du public. Le public est théoriquement canalisé vers l'endroit où on veut l'emmener; l'eau est une barrière naturelle facile à exploiter (canaux,

fossés, marais...). Ce sentier permet également d'offrir de bonnes conditions de sécurité pour le public (canaux et zones mouvantes).

Des observatoires (points de fixation) pourront être aménagés afin de limiter le piétinement et le dérangement de la faune, notamment en période de reproduction.



Les sentiers sur pilotis permettent une découverte agréable des zones humides (Marais de Lavours).

La mise en place de panneaux d'information³³³, l'édition de livrets explicatifs voire même la présence d'un guide local sont des moyens complémentaires pour permettre au public de découvrir les zones humides et apprendre à les respecter. Pour être acceptée, la limitation d'accès doit être associée à des solutions alternatives (parkings, panneaux, sentiers...).

Des panneaux recommandant un comportement respectueux des lieux (calme, utilisation de jumelles) compléteront le dispositif. Des expositions permettent d'envoyer sur le site un public informé et sensibilisé.

Pour les véhicules automobiles, il est important de réduire les routes praticables accédant au site, d'aménager des parkings de petite taille, accueillant un nombre limité de véhicules et de favoriser l'accès par des sentiers pédestres, pistes cyclables, parcours équestres.

- Il est utile de mettre en place :
 - des barrières cadenassées empêchant l'accès des véhicules au site (méthode la plus couramment utilisée),
 - des barrières psychologiques : il s'agit de créer des équipements dissuasifs (ex : barrières non cadenassées,





haies d'épineux, etc.). Cette méthode peut être appliquée là où la fréquentation est faible,

- des obstacles : création de fossés, merlons de terre, bornes fixes, enrochements.

LES MOYENS DE LIMITATIONS

On peut limiter le nombre de visiteurs de plusieurs façons :

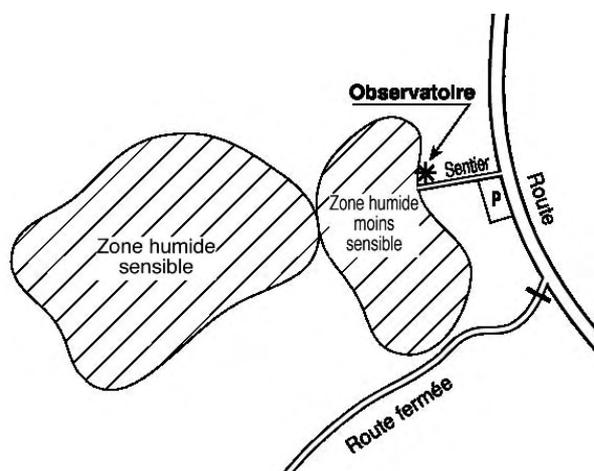
- Limitation du nombre d'entrée pour des sites particulièrement vulnérables qui pourront être protégés par des clôtures. C'est le cas de la réserve des Manneville (Seine-Maritime) qui ne reçoit pas plus de 1000 visiteurs par an.
- Limitation de façon temporaire : dans la Petite Camargue Alsacienne, un sentier de découverte a été aménagé avec une partie mobile, déplacée lors des périodes sensibles (nidification...).
- Limitation par la mise en place d'horaires de visite. A S^t Quentin (Aisne), dans le marais d'Isle, le portail de la réserve n'est ouvert que les après-midi.

Les interdictions :

Un site peut être interdit au public en totalité ou en partie, si les enjeux patrimoniaux sont très forts, s'il est petit et/ou fragile et s'il s'inscrit dans une zone protégée par ailleurs. C'est le cas pour la plus grande partie de la réserve naturelle de Camargue (Gard) et pour la réserve volontaire de l'Île de Crépieux (Captages de Lyon).

Pour permettre une approche de ces zones sensibles, plusieurs solutions sont envisageables :

- Aménager un sentier à l'extérieur du site protégé.
- Planter des observatoires en bordure des zones qui doivent rester inaccessibles, permettant ainsi aux visiteurs d'observer la faune sauvage dans de bonnes conditions, sans la déranger (sentier de Maincourt dans les Yvelines).
- Transférer l'animation sur un lieu similaire (mais moins fragile).



- Utiliser des moyens vidéos pour retransmettre les images du milieu (falaise aux vautours à Aste-Bion ou colonie de Fous de Bassan à l'île Grande).

Le financement d'un sentier

Le sentier de la plaine Jacquot dans le Puy-de-Dôme a été réalisé en 1988. Il permet de découvrir des tourbières d'Auvergne. Son coût pour la réalisation de 1100 km de sentier (dont 220 m dans les tourbières) et de panneaux explicatifs, est de l'ordre de 1600000 F. Il a été financé par le Parc Naturel Régional des volcans d'Auvergne, le Fonds d'Intervention pour le Développement et l'Aménagement rural, le Conseil Régional, le Conseil Général et le Ministère de l'environnement, subventionné par le WWF et sponsorisé par un grand groupe pétrolier. Le coût minimum d'un observatoire est de 60000 F (18 m²).

POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Petite Camargue Alsacienne, P. Knibiely, rue de la Pisciculture, 68300 s^t Louis, Tél. : 0389690847.

Sentier de la plaine Jacquot, Parc Naturel Régional des volcans d'Auvergne, Montlosier-près-Randonne, 63210 Rochefort-Montagne.

Île de la Platière, Bernard Pont, 38550 Sablons, Tél. : 0474843501.

BIBLIOGRAPHIE

Ministère de l'environnement, Direction de la protection de la nature. Juillet 1990. Comment aménager vos sentiers en milieux humides. L'Atelier technique des espaces naturels.

Ministère de l'environnement, Direction de la protection de la nature. Décembre 1989. Concevoir les parkings en milieu naturel. L'Atelier technique des espaces naturels.

Ministère de l'environnement. 1996. Inventaires des outils pédagogiques des réserves naturelles. L'Atelier technique des espaces naturels.





SIGNALÉTIQUE



DÉFINITION

La signalétique est l'ensemble de l'information présentée au visiteur d'une zone humide.

OBJECTIFS

L'objectif général de la signalétique est de fournir au visiteur les informations lui permettant de s'orienter sur le site, de mieux comprendre celui-ci et de mieux le respecter.

Plusieurs types de messages peuvent être présentés au public :

- identification : savoir que l'on pénètre dans un milieu possédant un statut (« porte » du site);
- accueil : donner les grands caractères du site en terme de milieux, de sensibilités, de réglementation...;
- mise en garde : informer sur les risques (inondation...);
- explication : fournir des informations sur ce que voit le visiteur : lecture des paysages, connaissances des milieux et des espèces, objectifs des travaux en cours;
- orientation et contrôle : guider le visiteur sur des itinéraires balisés, de façon à éviter sa divagation dans des zones naturelles sensibles.

Signalétique et fonctions des zones humides

L'information fournie aux visiteurs des zones humides porte le plus souvent sur leur patrimoine naturel. Dans quelques sites, un effort particulier a été fait sur l'explication du rôle épurateur des zones humides :

- plage des îles de Montréal (Québec) : alimentation d'un plan d'eau de baignade à partir de l'eau du Saint-Laurent, après passage dans plusieurs étangs épurateurs,
- écosite de Mèze (Hérault) : présentation des fonctions biologiques des lagunes (station de lagunage).

MISE EN ŒUVRE

ÉTABLISSEMENT D'UN PLAN DE SIGNALÉTIQUE

L'information du public doit être prise en compte dès la rédaction du plan de gestion du site ou de la conception de travaux. Un plan cohérent de signalétique doit alors être conçu par le gestionnaire.

Une réflexion préalable doit également porter sur les éléments qui visent à renforcer l'identité et l'unité du site : établissement éventuel d'un nom du site, d'un logo, d'une charte en matière de graphisme et de mobilier...

PANNEAUX D'INFORMATION

Les panneaux d'information doivent être très simples pour pouvoir être lus par des visiteurs pressés :

- place importante pour les éléments visuels (photos, cartes),
- n'avoir qu'une idée par panneau,
- pas plus de 100-150 mots par panneaux,
- avoir plusieurs niveaux de lecture : titre, sous-titres, légendes, textes etc.,
- phrases de moins de 15 mots,
- caractères gros, lisibles à 1,5 mètre.



L'information du public aux entrées de sites est très importante.

INFORMATIONS TEMPORAIRES

Cette signalétique est importante pour informer sur certains sujets ponctuels dans le temps : chantier, crue, fermeture d'accès pour la tranquillité de la faune... Plusieurs méthodes peuvent être utilisées :

- panneaux simples et peu coûteux (tirage numérique sur autocollant, sur un support bois, tresspa ou métallique) : à utiliser pour signaler un chantier de quelques mois;
- panneaux modulables en fonction de l'état du site (panneaux repliés en deux sur une charnière, et ouverts seulement en cas de besoin) : annonce d'une crue, saison de reproduction de la faune...
- panneaux vitrés sous lesquels peuvent être placés des informations fréquemment renouvelées : programmes de visites...
- panneau plastifié blanc sur lequel un agent du site inscrit au feutre effaçable des informations temporelles : observations ornithologiques du jour...

Ces deux dernières méthodes sont intéressantes parce qu'elles donnent « de la vie » au site, mais elles demandent un renouvellement très fréquent.





PRINCIPES DE JALONNEMENT

Différentes approches existent dans ce domaine :

- pas ou peu d'information directionnelle sur le site (éventuellement, diffusion d'un plan),
- réalisation de circuits balisés et localisés, concentrant naturellement la plus grande partie de la fréquentation,
- implantation de bornes directionnelles sur une grande partie du site, permettant au visiteur de faire seul son itinéraire de découverte,

Le choix d'une méthode doit être réalisé en fonction de l'intensité de la fréquentation et de la sensibilité du milieu : absence de jalonnement dans les milieux très sauvages, sentiers sur les sites où l'on souhaite contrôler la fréquentation, bornes dans les sites moins fragiles et à forte fréquentation.

MATÉRIAUX

Le choix des matériaux doit tenir compte de différents caractères : intégration paysagère, solidité-durabilité (résistance aux ultraviolets et aux intempéries), facilité de renouvellement (en cas de vandalisme, de vol...), sécurité du public... Quelques éléments peuvent être donnés à propos de méthodes souvent utilisées.

Le support est généralement en bois, avec diverses possibilités :

- lamellé-collé : solide, mais coûteux, aspect un peu trop « fini » pour le milieu naturel,
- bois massif non traité : faible durabilité aux intempéries (possibilité de choisir un bois très résistant : eucalyptus...),
- bois massif traité chimiquement (autoclave) : très utilisé, nocif pour l'environnement (impact du lessivage des poteaux et impact des usines de traitement),
- bois massif rétifé (traité thermiquement) : procédé en cours de développement, apparemment très intéressant.

Signalétique directionnelle :

- gravure sur le bois même : réservé à des informations simples (nom de lieux, logo...),
- trespas gravé : procédé répandu, permettant maintenant une bonne définition,
- tirage numérique sur autocollant : bonne qualité, facilité de renouvellement.

Panneaux d'information :

- panneau avec sérigraphie (éventuellement sous verre) : semble dépassé techniquement aujourd'hui (difficulté de faire des retirages, buées sous le verre, médiocre résistance au UV...),
- panneaux aluminium ou trespas avec tirage numérique sur autocollant traité avec film anti-graffiti : méthode efficace, permettant un retirage facile,

- inclusion d'un tirage numérique dans de la résine sur trespas : procédé encore peu développé, offrant une solidité importante mais un coût élevé,
- lave émaillée : qualité visuelle et forte résistance, mais coût très élevé; à utiliser dans les sites où l'information n'est pas amenée à évoluer.

GESTION

Il est important de prévoir la gestion de la signalétique mise en place :

- possibilité de déplacement des supports en cas de nécessité (de ce point de vue, il est préférable de planter les panneaux dans le sol ou dans un tube enterré plutôt que dans un socle béton),
- renouvellement de l'information (privilégier les impressions numériques),
- numérotation de chaque support et report sur carte, avec conservation au bureau de l'information (fichier numérique), des coordonnées des fournisseurs... pour remplacement rapide.

ÉQUIPEMENTS SPÉCIFIQUES

Au delà de la signalétique de base, il est possible de concevoir des équipements plus lourds, permettant une découverte approfondie du site : sentiers pédagogiques, observatoires pour la faune sauvage. Une bibliographie sur ce sujet est fournie en fin de fiche.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

- Alligators Communicateurs, 1989. Comment aménager vos sentiers pour l'interprétation. ATEN, 34 p.
- Ausseau-Dolléans, 1990. Comment aménager vos sentiers en milieux humides. ATEN, 61 p.
- Bringer (J.P.), Toche (J.), 1996. Pratique de la signalétique d'interprétation. ATEN, 104 p.
- Chiffaut (A.), Roland (J.), 1993. Charte signalétique des réserves naturelles et des réserves naturelles volontaires. ATEN, 32 p.

ADRESSES UTILES

- Aten (Atelier Technique des Espaces Naturels), 2 place Vala, 34060 Montpellier. Tél. : 0467 04 3030, fax : 0467 5277 93.
- Plage des îles de Montréal, Secrétariat général du parc des îles, H3C1A9, Montréal, Québec, Canada.
- Écosite de Mèze, route des Salin, 34140 Mèze. Tél. : 0467 466480.





SUIVI D' ACTIONS

SOMMAIRE

- S1 MORPHOLOGIE, BATHYMÉTRIE
- S2 MESURES DE DÉBITS
- S3 CONNAISSANCE DES CRUES
- S4 MESURES DE NIVEAUX
- S5 PRÉLÈVEMENTS D'EAU
- S6 PHYSICO-CHIMIE DES EAUX
- S7 CARACTÉRISATION DES REJETS
- S8 SUIVI HYDROBIOLOGIQUE
- S9 SUIVI FAUNE ET FLORE
- S10 OCCUPATION DU SOL

QUITTER





Le suivi d'une zone humide peut porter aussi bien sur son rôle patrimonial (faune, flore) que sur son rôle fonctionnel vis-à-vis des ressources en eau.

UN PROGRAMME DE SUIVI PEUT AVOIR DES OBJECTIFS DIVERS :

- caractériser le fonctionnement actuel d'une zone humide et les services qu'elle rend à l'écosystème,
- mesurer la dégradation d'une ou plusieurs fonctions du fait d'une atteinte à une zone humide,
- évaluer l'efficacité d'une action volontariste de prévention ou de restauration.

UN SUIVI DOIT S'APPUYER SUR DES INDICATEURS PERTINENTS DONT LA DÉTERMINATION NÉCESSITE PLUSIEURS ÉTAPES :

1. Identification claire du problème et des objectifs à atteindre.
2. Choix des méthodes et des paramètres à suivre ce qui implique d'avoir une bonne connaissance du fonctionnement de la zone humide vis à vis du problème posé.
3. Évaluation de la faisabilité et de l'intérêt du suivi : il faut identifier les facteurs influençant le programme des

mesures, les moyens disponibles (matériel, personnel, financiers), déterminer si les coûts d'acquisition et d'analyse des données sont compatibles avec le budget et l'enjeu de l'opération.

4. Éventuellement, réalisation d'une étude pilote sur un espace restreint et une durée courte afin de tester et d'affiner le programme de suivi.

DÉROULEMENT D'UN SUIVI-TYPE :

1. Réalisation de mesures et prélèvements d'échantillons en prenant soin d'identifier les éléments de traçabilité (origine, date, nature de l'échantillon ou des mesures).
2. Analyse des échantillons en faisant appel à des méthodes validées.
3. Interprétation et présentation dans un rapport clair et concis contenant les résultats des mesures (données objectives) et les conclusions et recommandations en matière de gestion de la zone humide, et éventuellement adaptation du programme de suivi.
4. Application des mesures de gestion et évaluation du projet. Selon les résultats obtenus vis-à-vis de l'objectif, le programme de suivi est arrêté ou poursuivi.





MORPHOLOGIE, BATHYMÉTRIE



La topographie est la description du relief d'un site; la bathymétrie en est la variante pour les zones situées sous la surface des eaux. La géomorphologie est l'analyse des formes de relief et de leur dynamique d'évolution.

OBJECTIFS

Il peut être important de connaître ou de suivre la topographie et la géomorphologie d'une zone humide dans différents cas :

- caractérisation du milieu : profondeur d'eau, hauteur du sol par rapport à l'eau...
- suivi de l'évolution : sédimentation, érosion,
- support d'une modélisation mathématique des crues ou des nappes.

MISE EN ŒUVRE

TECHNIQUES

Les méthodes de levés topographiques

Les méthodes de levés topographiques sont classiques :

- levé terrestre de géomètre,
- photogrammétrie : interprétation de photographies aériennes.

La première méthode est plutôt utilisée pour des petites surfaces levées avec une forte précision, la seconde pour les grands espaces étudiés globalement.

Dans les deux cas, quelques points peuvent être notés :

- les levés sont meilleurs en hiver (absence de feuilles);
- les échelles sont variables : 1/500 pour implanter un ouvrage, 1/10 000 pour une connaissance générale d'un vaste site;
- au delà de l'échelle du plan demandé, il est nécessaire de réfléchir à la précision souhaitée avant de lancer une mission : niveau de précision, nombre de points mesurés par hectare, équidistance des courbes de niveaux du plan...
- les données doivent être fournies sous forme informatique afin de permettre les actualisations, les calculs...
- dans les zones humides, il est important de connaître la date exacte du levé de façon à relativiser le niveau d'eau par rapport au débit, aux fluctuations des niveaux...
- le système de référence des altitudes doit être précisé : il est généralement le Nivellement Général de la France 1969, mais parfois le système orthométrique, différent de quelques décimètres.

Pour un repérage ponctuel (localisation d'un relevé, mesure d'une altitude...), le système GPS (repérage en X-Y-Z par

satellite) peut être très intéressant; il peut être mis en œuvre par le gestionnaire lui-même.

La bathymétrie

Sous l'eau, la bathymétrie utilise d'autres méthodes :

- mesure à la pige (tige graduée), ou à l'aide d'une corde plombée, à pied ou en bateau,
- étude à l'échosondeur depuis un bateau.

Ces mesures doivent être replacées au sein des fluctuations du niveau de l'eau (date de la mesure). Un calage NGF est souhaitable.

Profils

A partir de levés topographiques ou bathymétriques, il est possible d'établir des profils en long ou en travers. Pour une comparaison correcte, il est indispensable que les profils soient repérés avec certitude.

Le profil en long fournit un indicateur de base, la pente du cours d'eau, dont dépendent les conditions écologiques du milieu, le transport des matériaux...

Le suivi d'un cours d'eau repose souvent sur différents profils en travers qui seront renouvelés. La localisation de ces profils peut être régulière (tous les 500 mètres par exemple), ou irrégulière, de façon à tenir compte de particularités locales. Par exemple, il peut être intéressant de suivre les seuils naturels, points hauts qui « tiennent » le profil (leur érosion entraînerait un fort enfoncement de la ligne d'eau).

Étude de la géomorphologie

Les méthodes d'étude de la **géomorphologie** d'un cours d'eau sont souvent complexes (étude du débit solide...) et sortent du champ d'action du gestionnaire. Quelques indicateurs de caractérisation peuvent toutefois être cités :

- types de tracés : sinuosité, nombre de bras annexes... ces paramètres permettent de différencier les cours d'eau à tresses, à méandres, rectilignes...
- granulométrie des berges,
- taux d'érosion des berges,
- cartographie de l'état des berges (boisées, enherbées, érodées, sédimentées...),
- pente du cours d'eau,
- régime hydrologique.

La sédimentation

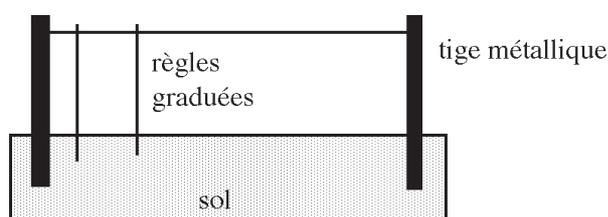
La sédimentation dans une zone humide peut être suivie par la bathymétrie, mais des méthodes beaucoup plus fines existent :

- dépôt de kaolin sur le sol, puis, après un temps variable, carottage permettant de retrouver le produit, et donc de mesurer le sédiment déposé au dessus. De façon plus



rustique, un résultat assez équivalent est obtenu en plaçant sur le sol un « piège » (morceau de moquette...) sur lequel on mesurera l'épaisseur des sédiments déposés.

- système de règles calées sur lesquelles il est possible de mesurer la hauteur de sédiments déposés entre deux passages.



Suivi photographique

Un suivi photographique peut parfois s'avérer suffisant pour avoir une idée générale de l'évolution d'un site : photographies aériennes renouvelées régulièrement, prises de vue terrestres d'un point particulier (zone d'érosion ou de sédimentation forte). Il est même possible d'utiliser les cartes postales anciennes pour comparer l'évolution de la morphologie d'un site.

PROGRAMME DE SUIVI

Le suivi de la topographie d'une zone humide repose largement sur la comparaison de levés à des dates différentes. Ce suivi peut porter sur un levé général (plan), mais il est souvent réalisé grâce aux profils en long ou en travers.

Sédimentation

Un renouvellement régulier de mesures topographiques ou bathymétriques permet de connaître la vitesse de sédimentation dans un bras mort, un étang...

Enfoncement des cours d'eau

Le premier indicateur dans ce domaine est le suivi du profil en long du fond du cours d'eau.

Pour une meilleure connaissance, il est préférable de comparer des profils en travers, qui permettront de calculer les volumes de matériaux érodés.

Érosion de berges

Le suivi des érosions des berges d'un cours d'eau peut être basé sur des profils, mais il peut être réalisé à partir de données plus simples : interprétation des photographies aériennes, des cartes IGN à différentes dates.

L'analyse de documents mêmes anciens permet de

connaître les divagations passées de la rivière; il sera par exemple possible de calculer des taux d'érosion (mètres ou hectares érodés/km de rivière/an). Le suivi de ce taux renseignera sur l'état de la rivière (stabilisation éventuelle?).

Régénération des milieux

Dans les cours d'eau dynamiques, les crues régénèrent régulièrement les milieux naturels, ce qui permet la présence permanente de communautés végétales et animales pionnières. L'état de la végétation peut renseigner sur ce mécanisme. La surface des grèves (bancs de sédiments dépourvus de végétation) est un indicateur simple de ce mécanisme (la diminution des surfaces de grèves signifiera une stabilisation de la rivière); une telle comparaison doit toutefois être réalisée avec prudence, à des dates et pour des débits comparables.

Des indicateurs biologiques peuvent éventuellement être utilisés : l'évolution des effectifs des espèces pionnières (sternes, plantes du nanocyperion...) pourra renseigner sur la stabilisation d'un cours d'eau.

Observations en crue⁵³

La géomorphologie d'une zone humide évolue principalement lors des crues. Ces épisodes méritent donc être suivis particulièrement :

- pendant la crue, analyse des taux de matières en suspension afin de connaître l'origine de la sédimentation; observation des mécanismes d'érosion...
- après la crue, observation des dépôts, érosions, niveaux d'eau atteints...

SOURCES DE DONNÉES

Les cartes de l'IGN au 1/25000 permettent une première approche :

- les altitudes sont disponibles sous forme informatique (BD carto),
- les divagations d'un cours d'eau très mobile peuvent être suivies à cette échelle,
- pour une analyse historique des divagations, il est possible d'acquérir à l'IGN des copies de nombreuses cartes anciennes.

Les photographies aériennes de l'IGN peuvent être très intéressantes :

- suivi des divagations,
- état de la végétation (grèves, eau libre...),
- analyse qualitative de la sédimentation.

En matière d'altitudes, différentes zones humides ont fait l'objet de levés que le gestionnaire peut utiliser :



MORPHOLOGIE, BATHYMÉTRIE



- cours d'eau domaniaux : le service de l'état responsable (DDE, service de la navigation...) ou concessionnaire (EDF, CNR...) a souvent réalisé des profils, voire des plans,
- plans réalisés par les collectivités locales, ou par des aménageurs (passages d'infrastructures...).

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Bravard J.-P., Petit F., 1999. Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial. Colin, 222 p.

EPTEAU (Malavoi J.R.), 1998. Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau. Guide technique du SDAGE n° 2. Agence de l'eau RMC, 39 p.

ADRESSES UTILES

Institut Géographique National, Cartothèque Nationale, 2 avenue Pasteur, BP 68, 94160 Saint-Mandé. Tél. : 0143741215.





MESURES DE DÉBIT

Le débit est le volume liquide qui passe à travers une section déterminée par unité de temps. En hydrologie, on l'exprime généralement en mètres cube par seconde ou en litres par seconde. Il dépend de la taille du bassin versant* amont et généralement il varie énormément avec le temps en fonction de la pluie et de la saison (évaporation).

La mesure de débit concerne essentiellement les zones humides de type « annexes fluviales ».

OBJECTIF

Le suivi des débits permet de connaître l'évolution des entrées, des circulations et des sorties d'eau à travers les zones humides et d'engager des mesures de gestion des sites (ouverture de vanne par exemple) ou d'entamer une concertation (respect des débits réservés) :

- détection d'un éventuel tarissement du cours d'eau affluent de la zone humide,
- explication de la mortalité de poissons,
- évaluation de relations entre eau superficielle et eau souterraine,
- etc.

PROTOCOLE

PROGRAMME

A quelle fréquence mesurer un débit? Tout dépend des objectifs de suivi. Généralement, dans les réserves naturelles, le gestionnaire réalise :

- des mesures manuelles hebdomadaires,
- des mesures supplémentaires lors d'événements exceptionnels : période d'étiage fort, crues, lâchers de barrage, gestion des annexes fluviales, des vannages...

Un enregistrement automatique des données peut être indispensable pour affiner une interprétation.

MOYENS

En cas d'absence d'un effluent bien identifié, on peut installer un déversoir et mesurer le débit par la technique du « seau » (très faible coût) pour des débits faibles : 4 ou 5 mesures du temps de remplissage pour un volume donné et calcul de la moyenne du débit de chaque essai (l/s).

Si une pente trop faible ne permet pas cette mesure au « seau », la mise en place d'un déversoir calibré en « V » offre une bonne précision sur une section aménagée pour recevoir temporairement le gabarit.

Différentes techniques existent, pour une section existante stable de cours d'eau.

JAUGEAGE AU FLOTTEUR

On se fixe sur un tronçon de cours d'eau rectiligne, une base de longueur connue L, puis on mesure à plusieurs reprises le temps t mis par un flotteur (branche, feuille) pour parcourir cette distance (très faible coût).

La vitesse moyenne de surface V_{ms} est déterminée par $V_{ms} = L/t$.

Le rapport entre V_{ms} et la vitesse moyenne débitante V_m ($V_m = Q/S$) est variable suivant le type de cours d'eau (1,05 pour les rivières de montagne, 0,80 pour les cours d'eau de plaine). Pour déterminer le débit, l'aire de la section mouillée (S) devra être évaluée par ailleurs.

MICROMOULINET

Le principe du jaugeage au moulinet est le calcul du débit par mesure de la vitesse du courant en plusieurs points d'une section en travers. Le jaugeage peut s'effectuer à pied (en cuissardes) lorsque le tirant d'eau le permet ou à partir d'une passerelle, soit en bateau (coût moyen, nécessite l'achat ou le prêt d'un micromoulinet, le gestionnaire peut se renseigner auprès des SEMA pour cela).

La section choisie doit être à filets parallèles sans gros tourbillons ni remous dans un tronçon rectiligne et sans contre courants. Un jaugeage au moulinet n'est pas adapté dans un torrent.

Le micromoulinet comporte une hélice dont la vitesse de rotation dans l'eau est reliée à la vitesse de l'écoulement :

$$V = an + b.$$

a, b : constantes, fonction de l'hélice, données par le constructeur

n : nombre de tours d'hélice par seconde

V : vitesse d'écoulement en m/s

Le nombre de tours par seconde « n » qui permet d'obtenir la vitesse en chaque point, est mesuré à l'aide d'un compteur. Il est préférable d'évaluer « n » en enregistrant les nombres de tours de l'hélice pendant au moins une trentaine de secondes.

Il faut mesurer les vitesses moyennes sur plusieurs verticales de la section. Le nombre de verticales est fonction de la régularité de cette section. En général 5 à 10 verticales se révèlent suffisantes. Il est recommandé de serrer les verticales près des berges. La position de chaque verticale est repérée (par rapport à l'une des berges) à l'aide d'un multi-décimètre. Il n'est pas besoin de multiplier les points de mesure sur chaque verticale : une à trois mesures convena-

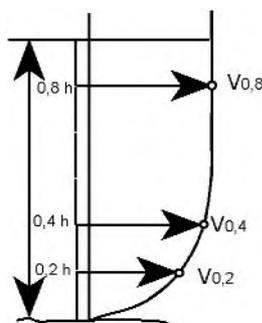


blement choisies s'avèrent la plupart du temps suffisantes pour approcher la vitesse moyenne V . On mesure généralement les vitesses à des distances du fond égales à 0,2, 0,4, 0,8 fois la profondeur.

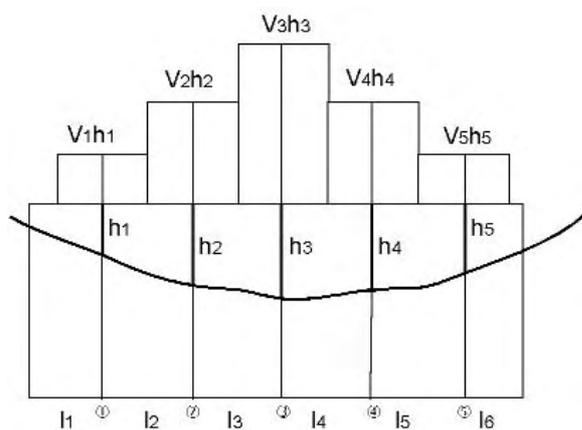
$$V = V_{0,4}$$

$$V = \frac{1}{2} (V_{0,2} + V_{0,8})$$

$$V = \frac{1}{2} V_{0,4} + \frac{1}{4} V_{0,2} + \frac{1}{4} V_{0,8}$$



Les débits par unité de largeur (Vxh) sont calculés à chaque verticale, on en déduit le débit total.



$$q_1 = V_1 h_1 \times (l_1 + l_2)/2$$

$$q_5 = V_5 h_5 \times (l_5 + l_6)/2$$

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5$$

Courbe de tarage hauteur/débit, puis échelles limnimétriques pouvant être munies d'un enregistreur.

La réalisation de nombreux jaugeages en un même point pour des débits variés permet d'établir une courbe hauteur-débit (ou courbe de tarage) pour la section d'écoulement concernée.

Après la réalisation de cette courbe, le suivi des niveaux d'eau est suffisant pour évaluer le débit dans cette section. Il est réalisé visuellement sur des échelles limnimétriques ou automatiquement par les limnigraphes. Le coût initial est important mais est très vite rentabilisé si les mesures doivent être nombreuses et longues dans le temps.

JAUGEAGE CHIMIQUE

Quand les méthodes de jaugeage traditionnelles ne peuvent être appliquées (lits trop irréguliers) il est possible d'injecter dans la rivière une quantité donnée d'un produit chimique (sel, iodure, etc.) et de mesurer en aval la dilution afin d'en déduire le débit du cours d'eau (méthode difficile à mettre en œuvre et à interpréter et pouvant être onéreuse selon le traceur utilisé).

EXPLOITATION DES RÉSULTATS

ANALYSES DES DÉBITS :

Différentes valeurs peuvent être calculées à partir des données instantanées de débits :

- module : moyenne des débits calculés au moins sur 30 ans,
- débit caractéristique maximum : Q dépassé 10 jours par an,
- débit d'étiage : $QMNA_5$,
- débit caractéristique de 1, 3, 9 mois : Q dépassé en moyenne 1, 3, 9 mois par an,
- étiage absolu annuel : valeur la plus faible de l'année,
- étiage caractéristique annuel : débit dépassé en moyenne 355 jours par an,
- crues caractéristiques (Q_{10} , Q_{100} ...) : débit maximal annuel ayant une probabilité de 1/10, 1/100... d'être dépassé.

EXEMPLES D'UTILISATION DES DONNÉES :

- connaissance des variations d'entrées et sorties d'eau pendant l'année au travers de la zone humide,
- dans les zones humides contrôlées par des systèmes de vannes, le suivi du débit peut indiquer au gestionnaire les nécessités de réalimentation,
- l'accumulation de données peut apporter des arguments de gestion (pour le relèvement de débit réservé par exemple),
- disponibles sur plusieurs sections d'un même bief, ces mesures renseignent sur les relations avec une nappe (drainage ou alimentation).



MESURES DE DÉBIT



POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Cemagref, 1989. Guide pratique de l'agent préleveur.

Ouvrage collectif, 1996. Aménagement et gestion des rivières, volume 2, Cahier technique du GRAIE.

MATE, 1988. Estimation du module d'un cours d'eau selon les données locales disponibles. Cemagref, MATE/DPN/SPHB.

AERMC, 1995. Synthèse descriptive quantifiée de la ressource en eau superficielle en RMC Cemagref et groupe GEWEX-Rhône.

Galéa G., Mercier G.X. et Adler M. J, 1999. Modèles débit-durée-fréquence d'étiage, concept et usage pour une approche régionale des régimes de basses eaux des bassins hydrographiques de la Loire (France) et du Crisu-Alb (Roumanie). Cemagref-Lyon, Division Hydrologie Hydraulique - I.N.M.H. - Bucarest, Roumanie/Revue des Sciences de l'Eau, 12/1 (1999) 93-122.

Galéa G., Mic R., Chaput N., 1999. Prise en compte d'observations locales épisodiques pour un meilleur usage opérationnel des modèles débit-durée-fréquence d'étiage au sein d'un réseau hydrométrique « 5^e rencontre hydrologique Franco-Roumaine, Suivi intégré des eaux continentales » - Cemagref, groupement de Lyon 6-8 septembre 1999.

DONNÉES PUBLIQUES À EXPLOITER

Banque hydro (SEMA), EDF, CNR, VNF.





CONNAISSANCE DES CRUES



OBJECTIF

Une crue est une augmentation rapide du débit du cours d'eau sous l'influence des phénomènes météorologiques (pluies, fontes de neiges...). Elle se traduit par une élévation (suivie d'une diminution) de la hauteur d'eau et de l'énergie véhiculée, pouvant provoquer des débordements dans le lit majeur.

Les crues sont des phénomènes complexes et difficilement maîtrisables, mais dont les régimes hydrologiques peuvent être estimés statistiquement à partir des chroniques régionales de pluviométrie. Elles sont un phénomène naturel nécessaire à l'équilibre de la rivière et des zones humides associées : sources de flux hydriques et biogéochimiques pour les prairies inondables, les annexes fluviales, les marais, les nappes... Les zones inondables sont des habitats importants pour la faune : habitat de reproduction pour le brochet, les oiseaux d'eau par exemple.

L'étalement de la crue dans les zones inondables permet aussi d'atténuer les débits en aval (écrêtement²³).

L'étude des crues dans une zone humide a pour principaux objectifs de :

- connaître le mode de submersion de la zone humide pour différentes crues : fréquence, durée, hauteur, débit, vitesse,
- connaître le rôle de l'inondation sur l'écosystème (apports de flux de matières et d'eau),
- faire un bilan des matières en suspension qui se déposent,
- connaître l'impact morphologique de la crue (cf. fiche S1),
- savoir dans quelle mesure la zone humide joue un rôle d'écrêtement pour l'aval.

Pour répondre à ces questions, le gestionnaire s'attachera à connaître :

- les surfaces inondées pour différents débits en période de crue : période de retour, la hauteur d'eau en différents points, les durées,
- les caractéristiques de la crue : intensités et durées (forme des hydrogrammes).

PROTOCOLE

PROGRAMME

La récolte des données se fait pendant la crue ou après le retrait des eaux par observations de terrain sur le site ou depuis les airs. Pour les cours d'eau domaniaux, ces données sont récoltées par les services de l'État. Pour les cours

d'eau non domaniaux, c'est du ressort du maître d'ouvrage quand il est constitué en syndicat.

MOYENS

Idéale pendant la montée des eaux, la détermination des cotes de crue, est encore faisable après le retrait des eaux par observations sur le site, depuis le terrain ou depuis les airs (avion, hélicoptère, ULM). On peut réaliser facilement et à moindres coûts une cartographie des zones inondées et relever les hauteurs d'eau à partir :

- des « laisses de crue » : marquages sur les arbres et autres signes d'inondation (hauteur de la boue sur les végétaux par exemple),
- d'un quadrillage du site par des dispositifs sommaires marquant les plus hautes eaux, tels que des perches peintes au blanc d'Espagne qui fond au contact de l'eau, des tubes PVC perforés dans lesquels sont placés des « papiers sensibles » changeant de couleur au contact de l'eau, etc. (dénommées « échelles à maximum » dans les catalogues).
- de photographies aériennes,
- voir aussi la fiche S4 pour les hauteurs d'eau.

Les crues peuvent être par ailleurs simulées sur modèle physique ou mathématique.

Le plus souvent, on a recours à un modèle mathématique qui superpose les débits sur la topographie des sites. Le modèle peut donner d'autres informations : profondeur de l'eau, vitesse... Mais pour être significatif, le modèle doit être calé grâce à des données observées.

SOURCES DE DONNÉES :

Des cartes de zones inondées existent déjà. Les gestionnaires de certains cours d'eau domaniaux (Services de la Navigation, DDE, CNR...) cartographient systématiquement les zones inondées lors des grandes crues. Des observations sur les érosions, des photographies aériennes sont quelquefois réalisées.

Une enquête de terrain auprès des habitants des zones inondées (résidents sinistrés, personnes âgées, responsables des services techniques municipaux...) permet de compléter les données disponibles auprès des gestionnaires ou de fournir des données sur des cours d'eau non domaniaux.

Dans le cadre des Plans des Surfaces Submersibles ou des Plans de Prévention des Risques (anciennement Plans d'Exposition aux Risques), des cartographies sont réalisées et disponibles. Elles sont réalisées à partir d'observations (« crue de référence ») ou de simulations.





Ces différents documents peuvent être demandés auprès du service chargé de la police des eaux : service de la navigation, DDE, DDAF, etc.

Service des annonces des crues : dans chaque région, un service de l'État (DDE, service de la navigation) est chargé de l'annonce des crues. A partir d'un réseau de limni-graphes (éventuellement intégrés dans la banque Hydro), parfois de pluviomètres, ce service est chargé de prévoir les crues et de prévenir les riverains menacés. Ce service peut selon les cas communiquer des données au grand public.

EXPLOITATION DES RÉSULTATS

Suivant le type d'observations recueillies, peuvent être réalisés, sous réserve de bien renseigner en date (événement), sinon en fréquence du débit de pointe concerné (régime simulé) :

- une carte des surfaces inondées (sur support papier et/ou informatique SIG),
- une carte des profondeurs d'eau, une carte des vitesses de l'eau, une carte de description de la crue (répartition spatiale des débits, des zones d'érosions...),
- le calcul du volume stocké, la durée et la période de submersion de la crue dans la zone humide, pour une cote choisie supposée de début d'inondation (éventuellement à évaluation de l'écrêtement de la crue par le système considéré).

La réalisation de ces cartes permet de suivre l'évolution de l'inondabilité du site et/ou des zones humides adjacentes (annexes hydrauliques essentiellement) dont le site dépend hydrauliquement (prairies humides, marais, annexes fluviales).

Des approximations peuvent être faites quant aux volumes d'eau stockés dans la zone humide, en précisant bien le seuil inférieur à partir duquel ces volumes sont comptés. Les calculs de flux de matières font l'objet actuellement de recherche et ne sont pas encore à disposition des gestionnaires.

LA GESTION DES CRUES ?

Le débordement d'un cours d'eau dans son lit majeur est sans gravité tant que ce lit reste naturel ou faiblement occupé par l'homme. En revanche, si le lit mineur est « aménagé » et accueille des zones urbanisées, des voies de communication ou encore des cultures, les inondations provoquées par la crue sont d'autant plus dommageables. Les remèdes de « lutte » apportés peuvent avoir des effets négatifs imprévus. Aussi, il n'existe pas de solution toute faite car les logiques d'intervention dépendent aussi de la

vocation des sites et du rôle joué par la rivière dans son environnement. La gestion des crues se prépare et se définit en dehors des périodes de crues.

En situation de crise tout particulièrement, il faut être méthodique pour apprécier la véritable urgence des travaux et définir les priorités, en permettant à toutes les sensibilités de s'exprimer, qu'elles parlent en faveur de la sécurité, de l'économie, du tourisme ou des milieux naturels. Le programme des travaux ne doit pas être élaboré sur les seuls critères de l'efficacité ou de la tranquillité à court terme et toutes les solutions alternatives, en particulier les plus douces et les plus naturelles doivent être étudiées.

Le gestionnaire des milieux naturels doit pouvoir intervenir dans ces démarches. Avant toute action il est nécessaire en concertation avec tous les intéressés :

- d'apprécier l'urgence des travaux,
- de définir des priorités,
- d'établir le programme des travaux.

Le mauvais exemple du Rhin

Le Rhin a été profondément aménagé à partir de 1955 pour la construction d'usines hydroélectriques et la navigation. Cet aménagement a conduit à la disparition de 60 % de zones inondables (soit 130 km²) entre Bâle et Worms, avec de graves conséquences :

- *le temps de propagation des crues entre Bâle et Karlsruhe (aval de Strasbourg) est passé de 65 heures à 30 heures, les crues sont plus fortes et plus concentrées. Les pics de crues du Rhin et des affluents ne sont plus décalés dans le temps, mais ils surviennent au même moment, ce qui aggrave les débits de pointe à l'aval.*
- *les crues sont également plus fortes car la vallée a perdu sa fonction d'écrêtement (ralentissement des eaux inondant les forêts). De même, les forêts qui ne sont plus inondées ont vu leur productivité diminuer d'environ un tiers. Elles ont aussi perdu leur fonction de régulation des matières nutritives^{54, 56} (Dister 1992).*

Le chenal de Miribel-Jonage

La cartographie des zones inondées à Miribel-Jonage a permis de montrer qu'en l'espace de 10 ans, la zone inondée lors de deux crues équivalentes (1983 et 1993, 2700 m³/s, retour de 5 ans) a considérablement diminué du fait de la chenalisation des eaux dans le chenal principal creusé par les eaux. (JL Michelot, C. Boucheseiche, 1996.)





CONNAISSANCE DES CRUES



POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Galéa G., Prudhomme C., 1994. Modèles débit-durée-fréquence et conceptualisation d'un hydrogramme de crue synthétique : validation sur le BVRE de Draix. Hydrologie continentale, vol. 9, n° 2, p. 139-156. Compte rendu de recherche n° 3 BVRE de Draix, coordination : Maurice Meunier, Cemagref Grenoble 1995. Collection Études du Cemagref n° 21.

AERMC, 1995. Synthèse descriptive quantifiée de la ressource en eau superficielle en RMC Cemagref et groupe GEWEX-Rhône.

Cemagref Lyon, 1996. Rôle et intérêt de zones d'écrêtement des crues. La Houille blanche n° 6/7.

Galéa G., Prudhomme C., 1997. Notions de base et concepts utiles pour la compréhension de la modélisation synthétique des régimes de crue des bassins versants au sens des modèles QdF. Revue des Sciences de l'Eau, n° 1, p. 83-101.

Malavoi J.-R. Michelot J.-L., 1999. Travaux post-crues, bien analyser pour mieux agir. GRAIE.

DONNÉES PUBLIQUES À EXPLOITER

Direction de l'eau, Ministère de l'environnement, 1988. La cartographie des Plans d'Exposition au Risque d'Inondation. La Documentation Française.

Direction de l'eau, Ministère de l'environnement, 1988. Catalogue des mesures de prévention au risque inondation. La Documentation Française.





MESURES DE NIVEAUX



OBJECTIF

Le suivi des niveaux de nappe permet de connaître les circulations souterraines; il s'effectue grâce à des piézomètres. Le suivi des niveaux de surface permet la comparaison avec les précédents pour en déduire les secteurs alimentés et les secteurs drainés par le réseau de cours d'eau, fossés, rivières etc.; il s'effectue par une lecture sur des mires ou des échelles et peut être enregistré par du matériel d'acquisition automatique des données.

PROTOCOLE

PROGRAMME DE SUIVI

Eau souterraine : où implanter des piézomètres ?

L'implantation doit se faire dans des lieux en théorie « stratégiques » (en fonction de la connaissance du gestionnaire, des différentes zones humides et cours d'eau situés sur le site) et aussi en pratique (pas trop à la vue des visiteurs, protégés des animaux...). Les cartes piézométriques de la région quant elles existent situent le sens d'écoulement des eaux souterraines et peuvent contribuer à cette implantation.

Eau de surface : où implanter les mires ou les échelles ?

Il faut identifier au préalable les différentes unités hydrauliques et les communications entre elles : différents plans d'eau peuvent être en contact pendant une période de l'année et déconnectés à d'autres périodes.

Le site d'implantation de la mire ou du limnigraphe doit être suffisamment bas pour qu'en période de sécheresse le niveau d'eau ne soit jamais inférieur aux capacités de mesure de l'appareil, mais suffisamment haut pour n'être jamais dépassé si possible.

Comment mesurer ?

Les mesures peuvent être des mesures manuelles, ou automatiques.

Quelle fréquence de relevés ?

Mesures ponctuelles :

- le gestionnaire peut réaliser un suivi régulier des piézomètres avec une seule sonde selon un rythme hebdomadaire à mensuel, auquel s'ajoute (avec une fréquence plus resserrée) le suivi d'épisodes particuliers (crues, sécheresse, vent exceptionnel, arrêt de pompage, lâcher de barrage...).
- lecture ponctuelle sur une mire ou une échelle sur différents sites en parallèle du suivi des piézomètres.

Mesures en continu :

Des enregistreurs permettent d'obtenir des mesures en continu sur un nombre limité de sites équipés (piézomètres ou limnigraphes).

MOYENS

Les eaux souterraines

Pour surveiller le niveau de la nappe phréatique, le gestionnaire doit mettre en place un ou plusieurs piézomètres, ou utiliser des puits ou des piézomètres existants.

Un piézomètre est un tube en PVC, à bords tranchants, crépiné, enfoncé dans un trou creusé à la tarière pédologique (matériel et mise en place peu onéreux) ou par une entreprise spécialisée de forage quand la profondeur est trop importante ou des conditions techniques particulières sont requises (coût plus élevé).

Il est préférable de raccorder les piézomètres installés sur le site au nivellement général de la France (NGF).

Les mesures peuvent être manuelles ou automatiques.

Le niveau d'eau dans le piézomètre est facilement et instantanément mesuré par :

- une longue tige fine de bois,
- un décamètre équipé à son extrémité d'une cloche ou d'un autre dispositif permettant de détecter le contact avec l'eau (« ploc ploc » à faible coût),
- une sonde électrique qui s'allume ou qui sonne au contact de l'eau (coût moyen),
- un compteur (cadran) à flotteur si le diamètre du tube le permet, généralement équipé d'aiguilles semi-fixes mémorisant les cotes minimales et maximales survenues depuis la dernière visite-relevé effectuée.

La cote est relative (par rapport au sommet du piézomètre par exemple) ou absolue (exprimée par rapport à une référence absolue, calage Nivellement Général de la France 1969).

Il est primordial de se référer à chaque tournée piézométrique au même référentiel pour que les mesures soient comparables.

La mise en place d'une sonde de pression reliée à un limnigraphe enregistreur (limnigraphe mécanique à flotteurs, limnigraphe avec platine d'enregistrement, limnigraphe avec sonde de pression) ou un capteur de pression relié à une centrale d'acquisition, permettent de réaliser des mesures en continu automatiquement.





Les eaux de surface

Les niveaux d'eau de surface sont en étroite relation avec les débits et les crues (cf. fiches techniques correspondantes). Pour surveiller le niveau des eaux de surface, le gestionnaire doit mettre en place une ou plusieurs mires dites échelles limnimétriques (calage en NGF ou à une référence absolue) indiquant une cote relative ou absolue, ou utiliser des échelles déjà existantes (matériel peu onéreux). Les mesures sont instantanées par simple lecture du niveau d'eau sur ces mires. Les limnigraphes enregistreurs (horizontal ou vertical) permettent des mesures en continu.

Il existe des réseaux de suivi des hauteurs d'eau par les DIREN, EDF, VNF, CNR, BRGM, les conseils généraux et régionaux... Il peut être intéressant pour le gestionnaire de connaître l'emplacement de ces mires et ainsi effectuer une étude comparative des niveaux en divers points de la région étudiée.

NB : sur un site étendu, le suivi peut être mené de façon continue grâce à 1 ou plusieurs limnigraphes, et en d'autres points de façon discontinue grâce à des mires limnimétriques faciles d'accès (lisibles instantanément de loin avec des jumelles).

EXPLOITATION DES RÉSULTATS

L'exploitation des données brutes produit des courbes donnant la chronique de l'évolution et le cas échéant la tendance.

Effectuer les mesures de hauteurs d'eau souterraine et/ou de surface n'est pas une opération difficile, mais l'exploitation de données de base de qualité donne une information utile mais parfois complexe à interpréter (aide de spécialistes nécessaire) : par exemple, la cartographie des isopièzes (lieu d'égale hauteur) permettant d'accéder au sens d'écoulement de la nappe phréatique au moment des mesures, l'analyse des liens entre niveaux des eaux souterraines et superficielles...

Plusieurs campagnes synchrones sont indispensables pour une interprétation pertinente. Une enquête à la banque du sous-sol (service public), à la banque Hydro (DIREN) ou encore la banque Pluvio, contribue quelques fois à avoir une vision régionale des milieux.

L'exploitation des données d'eau de surface doit avoir lieu en corrélation avec les événements climatiques et de gestion du site (ouverture/fermeture de vannage). Dans le cadre de courbes de tarage pour la mesure de débit (cf. fiche technique), la simple lecture du niveau d'eau renseigne sur le débit du cours d'eau.

La courbe annuelle des niveaux d'eau d'une rivière peut être comparée aux niveaux des eaux souterraines enregistrés sur un piézomètre voisin : en cas de parallélisme des courbes, on peut déduire que les liens nappe/cours d'eau sont forts et que le piézomètre n'est pas colmaté.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Bouvier J., Penloup A., Pineau O. et Perennou C., 1996. Fiches pratiques à l'usage du gestionnaire de zones humides méditerranéennes. MedWet.

André H., 1976. Hydrométrie pratique des cours d'eau. Eyrolles, Paris.

Cemagref Lyon, 1990. Guide pratique d'hydrométrie : application de l'article L232-5 du code rural.

DONNÉES PUBLIQUES À EXPLOITER

Réseau existant : Banque du sous sol, EDF, CNR, VNF, SEMA.





PRÉLÈVEMENTS D'EAU



OBJECTIF

Il s'agit d'inventorier et caractériser les prélèvements existant dans la zone humide ou à proximité, et d'estimer leur influence sur le milieu s'il y a lieu. Les prélèvements peuvent être des pompages ou des dérivations des eaux superficielles.

PROTOCOLE

PROGRAMME

Identification des prélèvements dans deux cas :

- lors d'une campagne initiale pour effectuer un état zéro de caractérisation de la zone humide,
- lors d'observations ou de présomptions de dégradation de l'alimentation en eau de la zone humide (modifications de flux hydriques superficiels ou souterrains).

MOYENS

Identification de la situation géographique et de la saisonnalité des volumes prélevés :

- enquête administrative : DDAF, DRIRE, Agences de l'Eau, voire Services de la Navigation,
- enquête de terrain dans le site ou à proximité pour l'identification des pompages ou ouvrages de dérivation.

EXPLOITATION DES RÉSULTATS

L'ÉVALUATION DE L'INFLUENCE DES PRÉLÈVEMENTS SUR LE SITE S'EFFECTUE PAR DIFFÉRENTES MÉTHODES

Une carte de situation des pompages ou de la prise d'eau par dérivation d'une partie du débit² est réalisée avec mention quand cela est possible des volumes prélevés. La caractérisation des étiages pour les eaux superficielles en parallèle à une vérification de l'ordre de grandeur des prélèvements permettent alors de définir le niveau d'influence de ces derniers.

NB :

Module : débit moyen interannuel;

QMNA5 : débit mensuel minimal dont la probabilité d'apparition est de 20 fois par siècle;

Étiage quinquennal : le plus faible débit moyen sur trois jours consécutifs dont la probabilité d'apparition est de 20 fois par siècle.

Une étude en parallèle du niveau de l'eau de la nappe phréatique⁴, du niveau de l'eau superficielle⁴ et des volumes prélevés permet d'évaluer les relations zone humide/prélèvements.

Un suivi indirect de l'impact du pompage peut avoir lieu par le suivi de la végétation (observation des successions végétales et de l'éventuel atterrissement* des milieux) ⁵.

Selon l'enjeu, un modèle mathématique peut permettre de comprendre la situation observée. Le modèle est souvent couplé avec un Système d'Information Géographique (SIG) visualisant le site, son environnement et la situation des pompages. L'aide de spécialistes est nécessaire pour la critique des résultats fournis par un modèle mathématique.

PROPOSITIONS DE GESTION DES POMPAGES EN CONCERTATION AVEC LES DIFFÉRENTS PROTAGONISTES

Basé sur des simulations mathématiques, différents outils sont mis à disposition du gestionnaire :

- un outil d'aide à la décision en cas de projets de pompages ou de gestion de débit réservé dans le cas d'annexes fluviales,
- un outil d'aide à la décision en cas de remise en question de pompages existants (lors de renouvellement de concession par exemple).

Il est important de veiller à la compatibilité des prélèvements avec la réglementation en vigueur et avec le bilan hydrologique de fonctionnement.

L'exemple de l'Île de la Platière

L'Agence de l'Eau RMC a abordé la compréhension du fonctionnement de l'Île de la Platière par la construction du modèle de la nappe phréatique. Des simulations ont été effectuées pour calculer l'influence de différentes hypothèses de gestion sur la nappe phréatique, dont notamment une répartition spatiale de pompages d'un industriel, l'augmentation du débit réservé et la recharge artificielle. La conjugaison des influences les plus significatives permet d'apprécier le niveau de la nappe maximal par rapport à l'objectif piézométrique nécessaire à la restauration durable de la forêt alluviale.





POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Décret n° 93-743 du 29 mars 1993 relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau.

Schémas Directeurs d'aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE).

BIBLIOGRAPHIE

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse 1994. Modèle hydraulique de la lône de la Platière, BURGÉAP - Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse.

SEGAPAL 1999. Gestion concertée de l'Eau dans l'Île de Miribel-Jonage, BURGÉAP - SEGAPAL.

DONNÉES PUBLIQUES À EXPLOITER

Fichiers DDAF, DRIRE, Agences de l'Eau (Site web : rdb.eau.fr).





PHYSICO-CHEMIE DES EAUX



OBJECTIF

La qualité des eaux est suivie par l'analyse de différents paramètres abiotiques* et biotiques* du milieu.

Différents objectifs justifient un suivi physico-chimique des eaux :

- pour connaître la qualité physico-chimique initiale du site,
- pour détecter les changements dans les facteurs biotiques et abiotiques du site tant d'origine naturelle qu'humaine (nouveaux rejets en amont du site, modifications de pratiques culturelles, passage d'une crue, etc.) et d'ajuster la nature et les fréquences de prélèvements,
- pour suivre le fonctionnement de la fonction « épuration » si elle existe,
- pour suivre la qualité physico-chimique des eaux du bassin drainé à l'amont du site,
- pour évaluer l'effet des actions entreprises par le gestionnaire dans un environnement connu (permet d'enchaîner des actions de gestion adéquates).

PROTOCOLE

PROGRAMME

Avant de commencer la collecte de données, il faut se poser les questions suivantes : A quel(s) objectif(s) ces mesures sont-elles destinées? Veut-on les mener à long terme? Comment les interpréter? Les Agences de l'eau peuvent-elles aider à la définition du programme de suivi? (quels paramètres, à quelle fréquence)? Suivant le contexte géologique et économique du bassin versant*, les paramètres étudiés seront différents (pesticides et nutriments* dans une région agricole, micropolluants dans une région industrielle par exemple).

En fonction des objectifs recherchés, les paramètres et la fréquence des analyses seront déterminés.

Les indicateurs biologiques (fiches S6 et S7) peuvent être étudiés en complément; ils intègrent le facteur temps (témoin de pollution passé) et détectent les influences non perceptibles par l'observateur.

Les principaux indicateurs des niveaux trophiques* dans l'eau sont les nutriments* suivants :

Azote organique dissous, nitrates (NO₃), nitrites (NO₂), ammonium (NH₄), orthophosphates (P-PO₄), phosphore total (P-Tot).

Les PCB, hydrocarbures totaux, hydrocarbures aromatiques, hydrocarbures polycycliques, détergents anioniques, détergents non-ioniques, pesticides, métaux lourds sont des

témoins de pollution d'origine urbaine et/ou industrielle.

Pour le suivi éventuel des pesticides, il est recommandé de consulter le Service Régional de Protection des Végétaux (SRPV) qui établit, en concertation avec les acteurs régionaux, des listes de substances dites « prioritaires ». Le Ministère de l'Environnement et le CORPEN disposent de toutes ces informations. Le coût encore élevé de certaines analyses justifie une présélection minutieuse des substances à rechercher. Dans le même esprit, la tenue de tableau de bord pour les points RNB concernant les substances toxiques permet aujourd'hui de connaître, sur les principaux cours d'eau et les principales ressources souterraines, les substances qui sont à surveiller en priorité (sur l'eau, les matières en suspension, les sédiments ou encore les bryophytes).

MOYENS

Les prélèvements

Pour réaliser les prélèvements, un technicien de laboratoire peut se rendre sur le site mais un gestionnaire formé préalablement sera à même de les réaliser (solution plus économique) sous réserve du flaconnage adapté.

Où sont analysés les différents paramètres ?

Les analyses peuvent être exclusivement réalisées par un laboratoire agréé si le gestionnaire ne dispose d'aucun matériel. Il est préférable de mesurer in situ, le pH, la température, la conductivité et l'oxygène dissous. De nombreux appareils de dosage d'éléments courants (nitrates, sulfates...) portables et relativement simples d'utilisation sont disponibles. Avantage : économie du temps de déplacement et coûts réduits des analyses. Inconvénient : le coût initial de ces équipements ne les rend rentables que si l'on a beaucoup de mesures à réaliser. Des précautions particulières d'étalonnage sont à respecter très scrupuleusement (solution étalon à laisser dans un frigidaire, étalonnage avant chaque sortie).

Comment prélever ?

- Eau de surface
 - Eau stagnante : prélever en différents points les plus représentatifs du site : zone la plus profonde, zone de mélange des eaux.
 - Eau courante : les échantillons sont prélevés dans des zones turbulentes bien mélangées au sein de l'écoulement naturel. Pour des prélèvements sur un court linéaire, il faut commencer les prélèvements d'aval en amont, en se plaçant face à l'amont pour éviter les perturbations locales liées au déplacement du préleveur.

Dans le cas où un seul échantillon est jugé représentatif, le prélèvement est effectué en plongeant manuellement le récipient dans l'eau, ou à l'aide d'un préleveur polyéthylène





à usage unique ou dédié en cas de profondeur. Dans le cas d'une stratification importante, une série d'échantillons sera prélevée transversalement et/ou en profondeur à l'aide d'un préleveur à messageur.

Dans le cas de prélèvements à partir d'une embarcation, ils seront réalisés de manière à éviter toute contamination (flacon bouché dans l'eau si possible).

- Eau souterraine

Pour avoir accès à la nappe, il faut repartir des piézomètres sur le site ou utiliser des puits existants. Pour prélever de l'eau dans un piézomètre, il est nécessaire de disposer d'une pompe de surface ou immergée suivant la profondeur du niveau dynamique dans le piézomètre. Il faut :

- s'assurer de l'absence d'émulsion ou de phase huile par observation directe dans le puits
- renouveler par pompage au moins 4 fois le volume d'eau contenu dans le puits (conformément à la norme ISO 5667-11). Le débit de pompage devra être tel que le rabattement maximal ne devra pas dépasser le tiers de la colonne d'eau. On vérifiera si possible que l'eau est limpide et que la température, le pH et la conductivité de l'eau sont stabilisées ($\pm 10\%$). Sinon, on peut vider le piézomètre la veille du prélèvement. Il est important de respecter un même protocole lors des différentes campagnes de prélèvements.
- prélever l'échantillon d'eau directement en sortie de pompe.

Le flaconnage :

Il est nécessaire de mettre les échantillons d'eau dans un flaconnage adéquat (il existe différents types de flaconnage en fonction des analyses) et dans une glacière réfrigérée à l'abri de la lumière avec envoi immédiat si possible au laboratoire d'analyse. Certaines analyses nécessitent l'ajout sur place de produits chimiques pour stabiliser l'échantillon.

Dans le cas où les analyses seront faites par un laboratoire, il faut préciser, lors de la demande de flaconnage, le type d'analyse qui sera demandée et les précautions à prendre *in situ* quand elles existent (verre, plastic, verre brun, verre col rodé, plastique stérile...).

EXPLOITATION DES RÉSULTATS

Les résultats peuvent être stockés sous une base de données ou un tableau. Les tableurs permettent une représentation graphique aisée des données. Les tableaux de classes de qualité réalisés par les Agences de l'Eau permettent de situer les paramètres analysés au sein des 5 catégories définies (tableaux à demander aux Agences). En cas de brusque

variation de concentration ou pour l'analyse des données initiales, l'aide de spécialistes est indispensable pour les interprétations et la détection de tendances évolutives.

Les acteurs et gestionnaires de l'eau ont maintenant un outil commun et moderne d'évaluation de la qualité des cours d'eau : le SEQ-Eau. Le principe de base du SEQ-Eau consiste à prendre en compte une quinzaine d'altérations de la qualité de l'eau. Les concentrations de chacun des paramètres de ces altérations sont projetées dans les classes d'une grille de qualité, ce qui permet d'affecter un qualificatif par altération passant par « très bonne », « bonne », « passable », « mauvaise », voire « très mauvaise ». Il prend en compte les connaissances scientifiques les plus récentes notamment pour évaluer les risques écotoxiques des micropolluants. Toutefois, il faut noter que cet outil a été conçu pour les cours d'eau et les plans d'eau ; la transposition de la notion d'altération à certaines zones humides peut ne pas être adaptée.

Dans le cas de mesures réglementaires de la qualité d'eau (potabilité, baignade), les échantillons confiés au laboratoire ne nécessitent pas d'interprétation complexe, car les seuils légaux sont indiqués dans le compte rendu d'analyse ; l'interprétation est alors immédiate.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Bouvier J., Penloup A., Pineau O. et Perennou C., 1996. Fiches pratiques à l'usage du gestionnaire de zones humides méditerranéennes. MedWet.

Étude Inter-Agences n° 64, 1999. Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours de l'eau.

PÔLE DE COMPÉTENCE

Laboratoires agréés, bureaux d'études spécialisés, personnalités scientifiques (Facultés, Cemagref, CNRS...), Agences de l'Eau.

DONNÉES PUBLIQUES À EXPLOITER

Suivi Agence de l'Eau Réseau RNB carte de qualité Agence de l'Eau, données issues des SDAGE, SAGE, schémas à vocation piscicole, DDASS, réseau REMY, REPHY, SANDRE...





CARACTÉRISATION DES REJETS



OBJECTIF

Inventorier et caractériser les rejets d'eaux usées ponctuels permanents, sporadiques voire accidentels existant dans la zone humide ou à proximité; connaître leur influence en terme de qualité et de quantité.

Estimer les rejets diffus issus du ruissellement du bassin versant* (eau chargée en fertilisants, toxiques et/ou matières en suspension).

PROTOCOLE

PROGRAMME

Pour des systèmes importants, la qualité globale de l'eau à l'amont est souvent accessible grâce au réseau national de bassin et aux règles du système d'évaluation de la qualité des eaux superficielles (SEQ-Eau). Ce réseau permet souvent de délimiter la zone où les rejets doivent être inventoriés prioritairement. Lorsque ce réseau n'apporte pas d'élément valorisable, il est indispensable de délimiter la zone d'inventaire avec les collectivités situées en amont de façon à ne pas négliger d'informations sur des menaces lointaines éventuelles.

Il faut rechercher les rejets dans deux contextes :

- pour effectuer un état zéro de caractérisation de la zone humide et de son environnement,
- lors d'observations ou de présomptions de dégradation de la qualité de l'eau de la zone humide (apparition d'un « bloom* » algal, coloration ou transparence de l'eau suspecte, odeur nauséabonde, brusque mortalité de poissons...) et/ou par une augmentation inhabituelle des volumes d'eau.

MOYENS

Les rejets ponctuels permanents ou sporadiques :

Il est nécessaire d'identifier et de localiser les rejets et leur nature (quantité, qualité, fréquence). Ce recensement doit être mené de façon précise et exhaustive par temps sec et en temps de pluie pour repérer les déversements :

- enquête de terrain dans le site et à proximité,
- enquête administrative : organismes ayant police de l'Eau, DDAF, DRIRE, Agences de l'Eau,
- enquête sur des activités piscicoles susceptibles de produire des rejets sporadiques (rejets chargés de substances nutritives pour les poissons lors des vidanges par exemple),

- localisation des déversoirs d'orage et fréquence de débordement.

Le fichier « redevance pollution » des Agences de l'Eau apporte une information indirecte complémentaire.

Les rejets diffus :

En complément du recensement des rejets ponctuels, ce type de rejets est évalué par :

- une détermination de l'occupation du sol⁵¹⁰ dans le bassin versant alimentant la zone humide, prise de connaissance des données climatiques, estimation des coefficients de ruissellement, estimation des quantités de phytosanitaires et fertilisants épandus sur les cultures, calculs des volumes ruisselés et estimation de leur nature en fonction des différents types d'activités,
- des statistiques d'épandage de produits phytosanitaires sur les infrastructures linéaires, statistiques de fréquentation des infrastructures linéaires (rejets diffus de métaux et hydrocarbures par lessivage des routes).

Les rejets accidentels :

- études globales dans le cadre des études de risques liés à des installations classées prioritaires, même loin à l'amont (études réalisées par le Conseil Supérieur de la Pêche, statistiques du Bureau d'Analyse des Risques de Pollution Industrielle - BARPI).

Le tableau ci-après propose une classification des types de rejets pris comme menaces sur le milieu. Ce tableau est issu de la démarche adoptée pour recenser les rejets dans l'étude des espaces sensibles vulnérables de l'hydrosystème Rhône (AERMC, 1998).

REJETS EXTERNES POUVANT ATTEINDRE LA ZONE HUMIDE

Rejets chroniques ou cycliques	Rejets aléatoires
<ul style="list-style-type: none"> - rejets chroniques domestiques • Rejets chroniques industriels de type : <ul style="list-style-type: none"> - chimique - thermique - radioactif • Aménagement en place/ gestion hydraulique : <ul style="list-style-type: none"> - barrage - vidange 	<ul style="list-style-type: none"> • Rejets accidentels/transports : <ul style="list-style-type: none"> - fer - route - voie d'eau - rejets domestiques - rejets industriels - rejets accidentels « massif »





REJETS INTERNES A LA ZONE HUMIDE

Rejets chroniques ou cycliques	Rejets prévisibles
<p>☛ Opérations d'entretien donnant lieu à des rejets :</p> <ul style="list-style-type: none"> - entretien de la végétation des digues - étanchéification des digues - curage des contre-canaux - évacuation des sédiments des retenues - entretien de la végétation lit min. et abords (îles) <p>☛ Opération de gestion hydraulique donnant lieu à des rejets :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lachers à partir de la vame de fond <p>☛ Rejets d'activités industrielles autres que carrière</p> <p>☛ Rejet issu des extraction de granulats</p> <p>☛ Rejets issus de l'activité agricole</p> <ul style="list-style-type: none"> - intrants en fertilisants : - intrants en phytosanitaires - abandon gestion traditionnelle - sylviculture intensive <p>☛ Rejets issus des activités domestiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - rejet STEP - rejet pluvial 	<p>☛ Pression prévisible liée à l'aménagement du territoire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - grands projets, infrastructures - industrie - pression foncière extraction de granulats - pression foncière agricole - urbanisation - loisirs <p style="text-align: center;">Rejets aléatoires</p> <p>☛ Infrastructures et transport</p> <ul style="list-style-type: none"> - fer - route - voie d'eau <p>☛ Rejet accidentel</p>

EXPLOITATION DES RÉSULTATS

UNE ÉVALUATION DE L'INFLUENCE DES REJETS PONCTUELS SUR LE SITE

Une carte de localisation des rejets est réalisée. Pour chaque point recensé doivent être annexés à la carte un maximum de renseignements : la nature et les quantités des volumes rejetés, les calculs de dilution dans le milieu aquatique en fonction du temps de renouvellement des eaux et de leur mode de circulation éventuel (courantologie), même de façon sommaire.

Les conséquences qualitatives des rejets sur le site sont estimées par :

- un suivi de la qualité des eaux⁵⁶ souterraines et des eaux de surface,
- un suivi de la végétation (indicateurs biologiques, baisse de biodiversité*...) et de la faune⁵⁹ (chronique de mortalité de poissons, bioessais...),
- une évaluation de la toxicité des sédiments (indices Oligochètes, analyses physico-chimiques).

L'aide d'un spécialiste est généralement nécessaire pour l'interprétation des données.

Les conséquences quantitatives des rejets sur le site

Les rejets peuvent induire un colmatage des berges par les matières en suspension qui peut entraîner une modification des niveaux d'eau dans les zones humides liées au cours d'eau, notamment lors des vidanges de barrage.

Cette évolution des niveaux d'eau est alors suivie par :

- le niveau de l'eau de la nappe phréatique par des piézomètres⁵⁴,
- le niveau de l'eau superficielle dans la zone humide par des mires ou des échelles⁵⁴.

UNE ÉVALUATION DE L'INFLUENCE DES REJETS DIFFUS SUR LE SITE

Suite aux calculs des quantités ruisselées suivant l'occupation du sol et à l'évaluation de leurs conséquences en terme de charge, doit être mis en place un suivi physico-chimique⁵⁶ et/ou biologique⁵⁹ sur le site si les risques d'apports sont importants. Par exemple, un site situé dans un bassin versant* essentiellement agricole (agriculture intensive) doit faire l'objet d'un suivi spécifique des fertilisants et des phytosanitaires.

DES PROPOSITIONS DE GESTION DES REJETS EN CONCERTATION AVEC LES DIFFÉRENTS PROTAGONISTES

Après analyse des causes et des effets des rejets, le gestionnaire peut inciter les protagonistes à traiter/contrôler les rejets directs ou diffus⁶¹ mis en cause dans le dysfonctionnement :

- mise en œuvre d'une politique incitative de fertilisations raisonnées (MAE)⁶¹,
- mise en place de stations d'épuration,
- mise en place de dispositifs limitant les volumes ruisselants (dispositifs enherbés, haies...)⁶²,
- etc.





CARACTÉRISATION DES REJETS



POUR EN SAVOIR PLUS

RÉFÉRENCES

Loi sur l'eau du 3 janvier 1992,

Décret n° 93-743 du 29 mars 1993,

Mesures de réduction des nitrates objectifs 2002.

BIBLIOGRAPHIE

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 1998. Protection des espaces vulnérables de l'hydrosystème Rhône, méthodologie d'évaluation de hiérarchisation et de cartographie de la vulnérabilité des espaces, BURGÉAP-GREBE- JL Michelot - JP Bravard-Agence de l'eau RMC.

DONNÉES PUBLIQUES À EXPLOITER ET ORGANISMES

Fichiers DDAF, DRIRE, Agences de l'Eau.

Données du BARPI.

CROPP : Cellule Régionale d'Observation et de la Prévention des Pollutions par les Phytosanitaires.

CORPEN : Comité d'Orientation pour la Réduction de la Pollution des Eaux par les Nitrates, les Phosphates et les Phytosanitaires provenant des activités agricoles (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement).





SUIVI HYDROBIOLOGIQUE



OBJECTIF

Les suivis de paramètres physico-chimiques sont souvent insuffisants pour mettre en évidence des phénomènes de pollutions. On tend actuellement à utiliser des descripteurs biologiques. La qualité des eaux et des milieux aquatiques peut être évaluée à l'aide des peuplements animaux et végétaux. Chaque organisme présente des exigences particulières par rapport aux différents facteurs du milieu (physique, biologique, chimique). Toute anomalie d'état ou de fonctionnement du milieu se répercute sur ces organismes et par voie de conséquence sur les peuplements. Il existe des espèces polluo-résistantes et des espèces polluo-sensibles.

L'objectif du gestionnaire est de déduire les caractéristiques du milieu aquatique à partir de la composition des peuplements qu'ils hébergent et d'évaluer le degré de perturbations.

Le principe de tels suivis est d'utiliser les organismes aquatiques comme témoins de la capacité de l'eau et du milieu à maintenir et entretenir la vie. Par rapport au suivi physico-chimique^{es}, les indicateurs biologiques présentent deux avantages principaux :

- ils intègrent le facteur temps (témoin du passé),
- ils détectent toutes les influences, y compris celles qui ne sont pas toujours perceptibles par l'observateur (facteurs autres que chimiques...).

MISE EN ŒUVRE

LES INDICATEURS BIOLOGIQUES

Méthodes basées sur l'étude des invertébrés

L'indice utilisant l'ensemble du peuplement de macroinvertébrés est l'IBGN (ou Indice Biologique Global Normalisé) – (AFNOR*, 1992)-NFT 90-350.

Il s'applique pour tous les milieux d'eau douce courante où le protocole normalisé d'échantillonnage peut être strictement respecté (condition première de la norme).

Une élaboration en trois temps :

- *Prélèvement* de la faune benthique* (inféodé au substrat) à l'aide de filets de tailles et mailles appropriées. Pour chaque station, 8 prélèvements sont réalisés dans des habitats distincts (vision de la diversité des habitats).
Fixation : chaque prélèvement est fixé sur le terrain par addition d'une solution de formol à 10 % ou alcool à 70 % (indispensable à la détermination des échantillons).
- *Comptage, tri et identification* des organismes par rap-

port à une liste de référence de 138 familles, (pour quelques groupes détermination à l'embranchement ou la classe).

- *Obtention d'une liste faunistique et calcul de l'IBGN* par la définition de groupes faunistiques en fonction de leur sensibilité à la pollution (de 1 à 9) et la variété totale taxonomique*. Les résultats sont intégrés dans un tableau dont l'intersection des lignes et des colonnes définissent des fourchettes de valeur ou indice biotique*. Il évalue la qualité du milieu par une note comprise entre 0 (qualité très mauvaise) et 20 (très bonne qualité).

Son intérêt est sa fiabilité, son accès assez aisé des groupes taxonomiques utilisés, sa rapidité de mise en œuvre et donc son coût relativement modéré.

Indices basés sur des groupes spécifiques de macroinvertébrés.

Leur utilisation comme indicateur repose aussi sur trois étapes (prélèvement, tri et détermination).

- les Oligochètes : ils sont de bons descripteurs de la matière organique des eaux et de la contamination des sédiments en métaux lourds (Lafont, 1989). Ces qualités ont permis de proposer des méthodes d'appréciation de l'impact d'effluents contaminants dans les cours d'eau : l'Indice Oligochète Biologie des Sédiments (IOBS) pour les sédiments fins et l'Indice Oligochète des Sédiments Grossiers (IOGS) pour les sédiments grossiers. Ils décrivent aussi le sens des échanges entre la nappe et le cours d'eau.
- les Chironomidés : les larves et les exuvies sont considérées comme de très bons indicateurs de la qualité de l'eau et des sédiments.
- Les Mollusques : ils sont utilisés principalement comme indices de qualité de systèmes lacustres de petites dimension.

Méthodes basées sur l'étude des végétaux

On distingue :

- Les méthodes basées sur l'étude des algues, en particulier les diatomées (indice « diatomique » IBD=NFT90-354). Elles sont connues pour réagir particulièrement aux pollutions organiques et à l'eutrophisation*, mais également aux pollutions salines, acides et thermiques. Elles peuvent aussi apporter des informations sur l'importance du marnage*, l'abondance des macrophytes. C'est un complément du diagnostic des rivières, notamment celles où l'IBGN est difficilement applicable (grands cours d'eau, canaux).
- Les méthodes basées sur l'étude des macrophytes. L'indice « GIS », par référence au groupement d'intérêt





scientifique « Macrophytes des eaux continentales » en cours d'élaboration, repose sur le critère présence/absence de certaines espèces reconnues pour leur valeur bioindicatrice.

Méthodes basées sur l'étude des vertébrés

L'intégration du poisson dans un réseau de mesures fait appel de préférence à des approches de type « peuplement ». Les communautés piscicoles sont bien adaptées à l'évaluation de la dégradation des milieux. L'indice « Poisson » (oberdoff, Porcher...) est basé sur la richesse, la composition en espèces, la composition trophique*, l'abondance et la condition des poissons (maladies, anomalies). Il permet d'attribuer une note au site étudié qui se décline en plusieurs classes de qualité (excellent au stade de dégradation ultime).

Voir le tableau comparé des différentes méthodes en dernière page.

LES MÉTHODES DE BIOÉVALUATIONS

Les facteurs de perturbation sont détectés et mesurés par la technique :

- des bioessais ou essais de toxicité qui consistent en la mesure d'agents chimiques polluants dans l'eau, conduites selon des procédures standardisées mises en œuvre généralement au laboratoire. Les résultats permettent de détecter la présence d'éléments toxiques dans l'eau par l'étude de la mortalité, des modifications de croissance ou de comportement d'un matériel biologique donné.
- des bioaccumulateurs qui consistent en l'utilisation de végétaux en place ou transplantés (massette, jacinthe d'eau) comme capteurs naturels de polluants. Le principe est l'accumulation dans les organismes vivants de substances présentes dans le milieu, par mécanismes physiologiques actifs de stockage, et même si la substance n'est pas utile, voire est toxique, pour ces organismes. La détection et le dosage des polluants se réalise au laboratoire.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Agence de l'Eau Adour Garonne, 1993. IBGN. L'Indice Biologique Global Normalisé. Un indicateur biologique de la qualité des milieux aquatiques. Études interagences n° 35.

Blandin P., 1986. Bioindicateurs et diagnostics des systèmes écologiques. Bulletin d'Écologie, n° 17, (4).

Bouchy J.-M. & Garnier-Zarli E., 1994. Les intégrateurs biologiques : des bioindicateurs aux indices biologiques. Dans « Gestion intégrée des milieux aquatiques ». Actes des cinquièmes journées du Diplôme d'Études Approfondies. Sciences et Techniques de l'Environnement. Le 19 et 20 mai 1994, Paris.

Genin B., Chauvin C. & Ménard F., 1998. Cours d'eau et indices biologiques. Pollutions, méthodes - IBGN. ENESAD-CNERTA, Livret, CD.

* AFNOR : Association Française de Normalisation (délivrance des brevets)





SUIVI HYDROBIOLOGIQUE



Avantages comparés des principaux indicateurs biologiques (adapté d'après Génin et al, 1998)

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Diatomées	<ul style="list-style-type: none"> - facilité de prélèvements, de conservation, de stockage - aptitude à coloniser tous les milieux aquatiques même les plus hostiles ou pollués - capacité intégratrice (3 semaines) et grande vitesse de réaction - utilisation comparative possible - détermination au genre assez facile - bonne évaluation de la qualité des grands cours d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - lourdeur de traitement et de montage nécessaire aux comptages - identification spécifique difficile
Macroinvertébrés	<ul style="list-style-type: none"> - abondants, faciles à récolter et à identifier - échantillonnage standardisé - bonne connaissance de l'écologie et de la systématique des invertébrés et donc de la sensibilité aux perturbations du milieu - capacité intégrateur des altérations de la qualité de l'eau et du substrat - sensibilité différente aux pollutions selon les groupes taxonomiques - utilisation comparative possible 	
IBGN	<ul style="list-style-type: none"> - priorité donnée aux supports les plus hospitaliers 	<ul style="list-style-type: none"> - domaine de fiabilité limité aux zones d'hyporhithron à épipotamon - impossibilité de déterminer la part des conditions physiques naturelles du cours d'eau et la part des perturbations - ne permet pas de déduire le type de perturbation qui influe sur la qualité générale
Macrophytes	<ul style="list-style-type: none"> - organismes fixés donc reflet du lieu où ils sont rencontrés - rapidement reconnaissables à l'œil nu - facilité de prélèvement comme de stockage 	<ul style="list-style-type: none"> - applicable juste en été et pour des cours d'eau à diversité végétale significative (réflexion en général sur les groupements végétaux). - non applicable quand les dommages physiques sont importants - peu sensible aux faibles pollutions
Oligochètes	<ul style="list-style-type: none"> - facilité de prélèvements, de conservation, de stockage - aptitude à coloniser tous les milieux aquatiques même les plus hostiles ou pollués - capacité intégratrice (3 semaines) et grande vitesse de réaction - bonne définition des pollutions organiques - bonne évaluation de la qualité des grands cours d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - identification à l'espèce
Poissons	<ul style="list-style-type: none"> - identification facile et rapide - présence dans presque tous les systèmes aquatiques - représentation de tous les niveaux trophiques* 	<ul style="list-style-type: none"> - problème de l'échantillonnage - problème de représentativité





SUIVI FAUNE ET FLORE



Si les objectifs permettent d'atteindre ou de maintenir un état « satisfaisant » de la ressource en eau et des zones humides, ce n'est que par le biais d'un suivi de la qualité de l'eau, de l'évolution du milieu aquatique et des peuplements qu'il est possible d'apprécier la réussite de la gestion mise en œuvre.

OBJECTIF

Qu'il s'agisse de zones humides laissées à leur évolution spontanée ou gérées de manière active, il s'agit d'établir un état initial des caractéristiques du milieu, de la végétation et de la faune. C'est un état de référence auquel pourront être comparés les résultats des suivis ultérieurs pour connaître l'évolution naturelle de ce milieu ou les impacts des actions réalisées. Un suivi de la faune et de la flore est établi pour détecter des tendances supposées dans l'évolution des milieux et des facteurs écologiques (diminution du niveau de la nappe, dégradation de la qualité de l'eau...), les changements des communautés et des populations, suite à des actions de restauration, d'aménagement, ou pour répondre à des questions claires sur certains taxons rares et vulnérables à fort intérêt patrimonial. Réalisés à long terme, les résultats doivent conduire à un effet rétroactif soit pour modifier le protocole de mesures, soit pour adapter (ou maintenir) les mesures de gestion (si l'on a pour objectif initial d'évaluer leur impact), et parfois les deux.

MISE EN ŒUVRE

L'adoption et la mise en place d'un suivi comporte trois phases essentielles :

- l'échantillonnage,
- l'observation des échantillons (la « lecture » de la faune ou de la flore),
- l'analyse des données.

Il existe une multitude de protocoles d'échantillonnage qui permettent de suivre l'évolution des milieux et des peuplements depuis la simple perception intuitive des changements, la photographie jusqu'à certains protocoles extrêmement précis faisant appel à des spécialistes. Quel que soit le protocole d'échantillonnage, il se doit d'être à la fois rigoureux, fiable, simple, reproductible dans le temps (pérennité du suivi), le moins onéreux possible. Seul seront détaillés dans cette fiche, quelques pratiques éprouvées et reconnues par les scientifiques et les praticiens. Il doit être élaboré par des scientifiques en collaboration avec les gestionnaires afin de rendre possible la réalisation par ces derniers des actions concrètes correspondantes.

L'observation des échantillons faunistiques ou floristiques impose, pour celui qui réalise les relevés une bonne connaissance du groupe considéré. La détermination de certaines espèces nécessite des spécialistes et le retour au laboratoire (observation au microscope ou à la loupe...).

L'analyse des données a pour objectif d'extraire le maximum d'information de la base de données. Cette étape impose, en fonction de la complexité des données et du protocole sélectionné, la collaboration d'un bio-statisticien qui délimite le sens donné à l'interprétation statistique.

Il faut aussi :

- 1 caractériser le site, ses atouts et ses contraintes;
- 2 évaluer les moyens dont on dispose à moyen terme : la durée d'un suivi faunistique ou floristique est au minimum de plusieurs années;
- 3 choisir des parcelles ou zone d'étude nécessitant une bonne connaissance préalable du terrain;
- 4 réaliser un état initial avant toute application de la gestion.

SUIVI DE LA VÉGÉTATION

Pour les espèces, un inventaire floristique sera réalisé pour établir leur répartition sur tout le secteur d'étude. La méthode de description des communautés végétales peut être celle des relevés phytosociologiques décrites par Braun-Blanquet (1951). A partir de la délimitation d'une superficie idéale (aire minimale) à étudier et à caractériser (100 m² pour la strate herbacée, 400 m² pour les strates arbustives et arborescentes), il s'agit de réaliser un inventaire des espèces le plus complet possible. Le recouvrement (proportion de surface recouverte) de chaque espèce végétale, et celui de l'ensemble de la végétation, est estimé visuellement par l'opérateur. Ces paramètres sont affectés d'un coefficient d'abondance-dominance, selon 6 catégories (+ : l'espèce présente un recouvrement < 1 %; 1. entre 1 % et 5 %; entre 6 et 25 %; entre 26 et 50 %; entre 51 et 75 %; entre 76 et 100 %). Les observations réalisées prennent aussi en compte le développement et l'aspect général de la couverture végétale, les différentes situations présentant des types de végétations distincts.

Ces relevés phytosociologiques peuvent être complétés par une estimation de l'abondance relative des différentes espèces. Selon une ligne de relevés, les espèces rentrent en contact avec une tige que l'on enfonce verticalement dans la végétation pour en déduire le taux de recouvrement de la végétation, la fréquence relative et la contribution spécifique de chaque espèce.





Suivi de la végétation dans le cas d'une gestion écopastorale

Pour évaluer l'impact des herbivores sur le milieu, la végétation est un bon indicateur. Les suivis botaniques ont un double intérêt. Ils permettent de vérifier que les animaux ne dégradent pas le site, ou au contraire, de savoir s'ils contribuent à l'améliorer. L'étude dynamique de la végétation ne peut se satisfaire d'un simple suivi qualitatif, qui ne relève que l'absence ou la présence d'une espèce, même s'il est remis à jour régulièrement. La composition qualitative d'une flore évolue moins rapidement que sa composition quantitative.

Sur la base des grands principes de la phyto-sociologie ou de la phyto-écologie, la méthode de suivi sera d'autant plus précise que :

- la superficie du site est petite,
- l'homogénéité du site est grande,
- les objectifs principaux sont patrimoniaux, notamment botanique,
- le temps disponible est important.

SUIVI DES PEUPELEMENTS ET POPULATIONS D'OISEAUX

Parmi les vertébrés, les oiseaux occupent une place particulière dans le domaine de la conservation et de la recherche. Les oiseaux peuvent être facilement observés dans leur milieu naturel, être étudiés et dénombrés sans grand appareillage. Le nombre modeste d'espèces, la relative facilité de leur détermination, leur fidélité au biotope* qui les a vu naître et dans lequel ils se reproduisent, leur place dans les chaînes alimentaires et les fonctions qu'ils remplissent leur confèrent un statut de modèle depuis longtemps reconnus. L'oiseau peut être utilisé comme un indicateur de la qualité biologique des milieux, de leur modification ou de leur dégradation. La valeur ornithologique des zones humides est l'objet de nombreux travaux et c'est l'impact sur certaines espèces qui est en question ainsi que l'évolution des milieux du territoire français.

La principale technique de dénombrement utilisée est celle dite des Indices Ponctuels d'Abondance ou IPA, décrite par Blondel, Ferry et Frochot (1970). Les données sont recueillies par un observateur, en des points d'écoute fixes, les stations. Cette technique est choisie pour sa souplesse d'utilisation, elle ne nécessite qu'un échantillonnage stratifié préalable du secteur d'étude. Elle est ponctuelle, donc utilisable dans des milieux morcelés, ce qui la rend particulièrement adaptée aux différentes formations comprises dans les zones humides. Chaque IPA unité se compose de deux IPA partiels de 20 minutes chacun, réalisés à l'aube lors

du maximum d'activité vocale de la majorité des espèces. Les deux IPA partiels sont effectués dans la même station mais à des dates différentes de la même saison de reproduction, de façon à recenser avec une égale efficacité les nicheurs précoces et les nicheurs tardifs. Tous les oiseaux vus sont également notés. On obtient en fin de saison pour chaque espèce une valeur d'abondance moyenne.

D'autres techniques (indices kilométriques d'abondance, méthode des quadrats, capture et pose de bagues, radiopistage, vidéo...) existent mais elles relèvent d'objectifs plus complexes, elles sont aussi plus coûteuses en temps et/ou en techniques.

SUIVI DES PEUPELEMENTS DE POISSONS

Les communautés piscicoles peuvent être évaluées selon différentes techniques d'échantillonnage qui présentent soit une grande sélectivité aussi bien pour ce qui est des tailles que des espèces capturées, soit au contraire une absence de sélectivité (Gaudin et al., 1995). Ces méthodes dépendent du type de milieu et de ces caractéristiques, notamment de la vitesse du courant, de la profondeur et la turbidité*.

Il s'agit dans le cas des grands cours d'eau ou des bras-morts de la pêche électrique par Échantillonnage Ponctuel d'Abondance (EPA), méthode semi-quantitative, que l'on peut compléter par des pêches au filet. Lorsque la section d'étude d'un fleuve est limitée, par exemple à 2 kilomètres linéaires, il est difficile d'obtenir des résultats significatifs eu égard à la variabilité naturelle des populations. Les habitats piscicoles sont alors les seuls paramètres échantillonnables de manière significative, notamment la méthode des microhabitats de salmonidés (Malavoi, 1989) Cette méthode est à adapter compte tenu de caractéristiques morphodynamiques et hydrologiques de l'hydrosystème.

AUTRES VERTÉBRÉS (AMPHIBIENS, REPTILES ET MAMMIFÈRES)

Il n'existe pas de méthode encore standardisée d'étude de la batrachofaune, plusieurs options sont possibles et leur choix va dépendre du degré de précision attendu pour l'estimation de la taille des populations. Pour estimer la composition du peuplement il s'agit :

- d'échantillonner les plans d'eau par époussette, et pour les larves d'urodèles et d'anoures, à l'aide du surber (filet de taille définie à maille fine),
- d'estimer le nombre de reproducteurs anoures par le comptage de toutes les pontes visibles,
- de compter les chanteurs mâles et d'observer directement les adultes.





SUIVI FAUNE ET FLORE



Quelles que soient les méthodes, plusieurs visites annuelles sur les mêmes sites sont nécessaires en raison du cycle biologique des espèces potentiellement présentes (espèces précoces ou tardives).

A l'exception du lézard vivipare vivant dans les tourbières d'altitude, moins d'une dizaine d'espèce de reptiles (serpents et tortues aquatiques) occupent les zones humides. Leur échantillonnage est rendu encore plus complexe que celui des amphibiens en raison du caractère furtif, très rapide des espèces et de leur reproduction à terre.

Les mammifères qui vivent réellement dans les zones humides sont peu nombreux. On peut citer pour exemple le castor, le putois, la loutre, quelques micro-mammifères (desman, musaraigne, chauve-souris...). Le caractère discret, souvent nocturne de ces animaux entraîne de nombreuses difficultés pour les observer ou les dénombrer. Seuls la présence de terriers, de huttes, de traces (fèces, empreintes) révèlent leur présence. Des méthodes de capture par piège, lourdes à gérer permettent d'évaluer leur effectif ou dans le cas d'espèces indésirables (rat musqué, ragondin) de les éliminer.

SUIVI DES INVERTÉBRÉS

Le monde des invertébrés tient une place considérable dans la biodiversité*. A l'exception des invertébrés aquatiques utilisés comme biodescripteurs de la qualité des eaux douces⁸⁸, leur suivi est relativement rare et reste lié soit à des objectifs patrimoniaux (espèces rares de la Directive Habitat), soit à des objectifs de contrôle des populations⁸⁹.

En raison de la multiplicité des cycles de vie et de leur complexité, il est difficile d'identifier des protocoles simples. Des méthodes éprouvées sur le plan théorique de l'estimation existent et permettent d'associer une incertitude à l'effectif ou à la densité estimée. Le « Line Transect » peut être utilisé pour le dénombrement des papillons. D'autres méthodes existent pour effectuer des inventaires dans différents types de microhabitats (piège lumineux, piège coloré, piège enterré) ou estimer des biomasses* (piège à émergence).

POUR EN SAVOIR PLUS

Blondel J., Ferry C. & Frochot B., 1970. La méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (IPA) ou des relevés d'avi-faune* par station d'écoute. *Alauda* 38, p 55-71.

Cherrière K., 1998. Gestion éco-pastorale : adopter une méthode de suivi de la végétation. *Cahier Technique du PIQUE-BŒUF*. n° 2, 15 p.

Dupieux N., 1998. La gestion conservatoire des tourbières de France. Premiers éléments scientifiques et techniques. *Espaces Naturels de France*, programme Life « Tourbières de France », 244 p.

Gaudin P., Souchon Y., Orth D.J., Vigneux E., 1995. Colloque « Habitats-Poissons ». *Bulletin français de la Pêche et de la Pisciculture*, n° 337/338/339, 418 p.

Malavoi J-C., Souchon Y. Trocherie F., 1989. Étude de l'Arc à Modane (Savoie). Application de la méthode des microhabitats, aspects méthodologiques. *CEMAGREF/DPN*, convention 88/321, 25 p.

Maman L., 1999. La végétation des annexes fluviales, un indicateur pertinent pour leur restauration. *Équipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature*. Juin 1999.

Maurin H., R Guilbot., J. Lhonoré L., L. Chabrol. & Sibert J-M., 1996. Inventaire et cartographie des invertébrés comme contribution à la gestion des milieux naturels français; actes du séminaire tenu à Limoges les 17 au 17 novembre 1995. *Collection Patrimoines Naturels*, volume XXV - Paris, Service du Patrimoine Naturel/IEGB/MNHN : 252 p.

Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement., 1998. *Équipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature*. CCTG (CCTP-Type) d'état initial et de suivi du milieu biologique du lit de la Loire (version provisoire). *Équipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature*. 41 p + annexes.

Morand A., (sous presse). Reptiles et amphibiens des zones humides méditerranéennes : écologie et gestion. *Programme MetWet*.

Nelva A., Persat H. & Chessel D., 1979. Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, 289 (D), 1295-1298.

Nowicki-Caupin N., 1988. La recherche française en ornithologie. *Association Aménagement - Environnement*. Pour le SRETIE, Ministère de l'Environnement. 39 p.

St Girons., Maurin M.C., Rosoux R. & Keith P., 1993. Les mammifères d'eau douce; leur vie, leurs relations avec l'homme. Paris, Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et SFPEM : 48 p.

Valentin-Smith G et al., 1998. Guide méthodologique des documents d'objectifs. *Natura 2000*. Réserves Naturelles de France/Atelier technique des Espaces Naturels. Quétigny. 144 p.





OCCUPATION DU SOL



OBJECTIF

Connaître l'occupation du sol d'un site et de son environnement permet de :

- connaître et suivre la superficie de la zone humide,
- connaître les habitats, éléments structurants de la zone humide,
- connaître le contexte et l'évolution de l'utilisation anthropique* de l'espace ou de l'occupation naturelle du sol du bassin versant* auquel appartient la zone humide,
- orienter les suivis et/ou la gestion du site en fonction des menaces potentielles ou avérées qui pourraient les atteindre,
- connaître le statut foncier et le niveau éventuel de protection juridique.

PROTOCOLE

PROGRAMME

Tout d'abord, il est nécessaire d'établir un état zéro de l'occupation du bassin versant et de renouveler la carte d'occupation du sol en cas de :

- « doutes » ou observations réelles de changement(s) dans les paramètres biotiques* ou abiotiques* sur le site géré : modification des zones inondables, augmentation brusque des concentrations en certains paramètres, dépérissement de végétaux...
- changement de municipalité avec projet de modification de POS.

On peut ensuite d'une part, classer les secteurs en fonctions du niveau de protection juridique et d'autre part, proposer des recommandations de gestion et de mise en sécurité¹¹ du site.

MOYENS

Pour étudier l'état actuel

Différents supports sont exploitables :

- les photographies aériennes verticales couleur ou infrarouge (pour préciser les différents types de végétation) les plus récentes possible : elles sont peu onéreuses, facilement exploitables et disponibles à l'IGN,
- les images satellites (pour de vastes étendues, coût élevé, travail d'interprétation difficile),
- les cartes de l'IGN au 1/25000 (faible coût et faible précision pour les zones humides),
- les cartes de zonage du POS consultables en mairie,
- le système Corine Land Cover pour de grands territoires (coût élevé et interprétation difficile),

- la DDAF et la chambre d'agriculture pour : les données récentes du recensement général agricole (RGA), le type de cultures et la pression de pâturage sur les parcelles agricoles (UGB/ha),
- la DRIRE pour le type d'activité des industriels recensés préalablement,
- la DDE pour la pression liée aux infrastructures (fréquentation routière par exemple),
- références forestières (Inventaire Forestier National, CERFOB, ONF, CRPF...),
- les données de l'IFEN,
- les structures universitaires, pôle de télédétection (Montpellier, Toulouse, Lyon...).

En complément, une enquête de terrain est le plus souvent nécessaire.

Pour faire un historique du site et de son environnement

Différents supports sont exploitables :

- des photographies aériennes à différentes époques,
- la cartothèque nationale de l'IGN (anciennes cartes depuis le XIX^e siècle),
- une enquête auprès des personnes âgées des sites étudiés,
- une enquête bibliographique.

Pour un historique par type d'activités (pour évaluer l'évolution d'une pression urbaine ou agricole par exemple), différents éléments sont consultables :

- le nombre de permis de construire délivrés dans la zone étudiée,
- l'évolution entre deux recensements généraux agricoles (RGA) auprès de la DDAF,
- le nombre de demandes d'ouverture d'installations classées auprès de la DRIRE.

EXPLOITATION DES RÉSULTATS

Différents types de cartes sont réalisables, manuellement, à l'aide de logiciel de dessin ou d'un Système d'Information Géographique (SIG) dont les gestionnaires sont de plus en plus équipés :

- carte de délimitation de la zone humide intégrant sa superficie, ses coordonnées longitude/latitude,
- carte d'occupation actuelle des sols du bassin versant* avec différentes catégories d'activités. Pour chacune d'entre elles, une hiérarchisation de la pression peut être établie : industrie selon le type d'activité, agriculture selon le type de culture et la pression de pâturage existante, urbaine selon le type d'habitat (dispersé, regroupé),





- carte extraite du/des POS,
- carte des zones inondées après chaque période de crues,
- carte des rejets recensés dans la zone humide et/ou dans le bassin versant*,
- carte présentant l'évolution géomorphologique de cours d'eau (cf. fiche S1).
- cartes retraçant l'historique de l'occupation des sols, toutes activités confondues ou par type d'activité,
- etc.

La réalisation de ces cartes permet de suivre l'évolution de l'occupation du sol du bassin versant* auquel appartiennent les zones humides étudiées et oriente l'attention des gestionnaires sur les menaces qui pèsent sur les sites (atteinte à l'intégrité, pollutions, etc.).

L'exploitation de la carte d'occupation du sol, des données météorologiques et des coefficients de ruissellement en fonction de la nature de l'occupation du sol permettent d'évaluer la quantité d'eau qui ruisselle jusqu'à la zone humide. Ce volume entre en jeu dans le calcul des bilans des flux (très important pour les zones humides déconnectées des cours d'eau).

Estimation des volumes ruisselés issus du bassin versant :

1. déterminer le bassin versant, sa surface et le type d'occupation de sol,
2. connaître la pluviosité annuelle de la zone étudiée,
3. en fonction de chaque type d'occupation du sol et de la pente, un coefficient de ruissellement est attribué pour une unité de surface homogène,
4. le volume total ruisselé pour une unité de surface homogène est égal à : (volume ruisselé) x (coefficient de ruissellement),
5. la somme de chaque volume issu de surface unitaire correspond alors au volume total ruisselé dans le bassin versant.

La carte d'occupation du sol peut aussi expliquer une situation actuelle et orienter un programme de suivi comme par exemple :

- un suivi spécifique des pesticides⁵⁵ dans l'eau en cas de surexploitation agricole environnante^{m1},
- un suivi des zones inondées⁵³ suite à des endiguements et/ou des remblaiements sur des annexes fluviales^{m6} et/ou le cours d'eau amont,
- etc.

Le gestionnaire doit raisonnablement s'intéresser à un territoire dont il est acteur. En général, ce territoire est constitué d'une commune, voire de quelques communes. Il n'est pas possible de s'intéresser avec la même finesse à tout le bassin versant qui peut être très étendu. Toutefois, il est prudent de définir un espace d'observation susceptible d'influencer l'alimentation hydrique de la zone humide et qui fera l'objet d'une attention particulière.

POUR EN SAVOIR PLUS

DONNÉES PUBLIQUES À EXPLOITER

Direction de l'eau, Ministère de l'environnement, 1988.

La cartographie des Plans d'Exposition au Risque d'Inondation. La Documentation Française.

Direction de l'eau, Ministère de l'environnement, 1988.

Catalogue des mesures de prévention au risque inondation.

La Documentation Française.



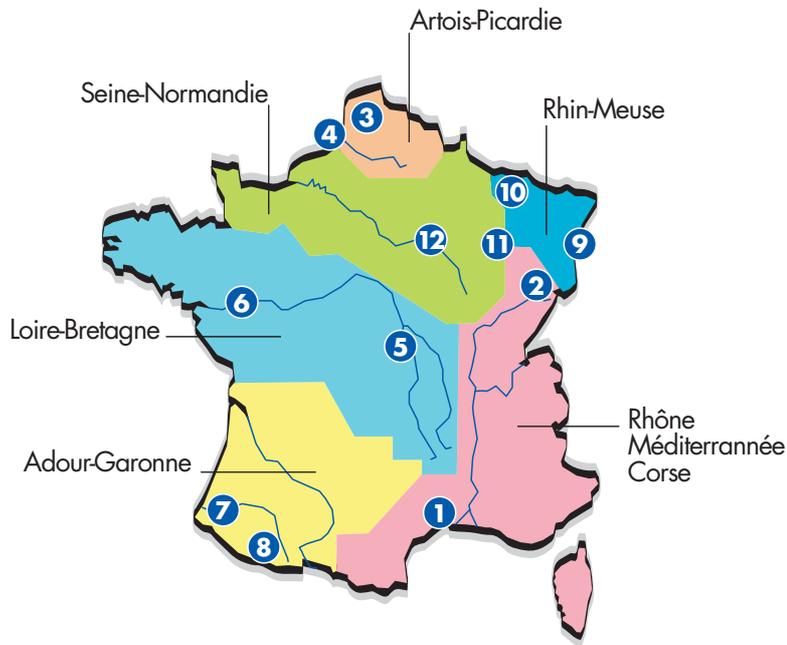


LES FICHES DE CAS

SOMMAIRE

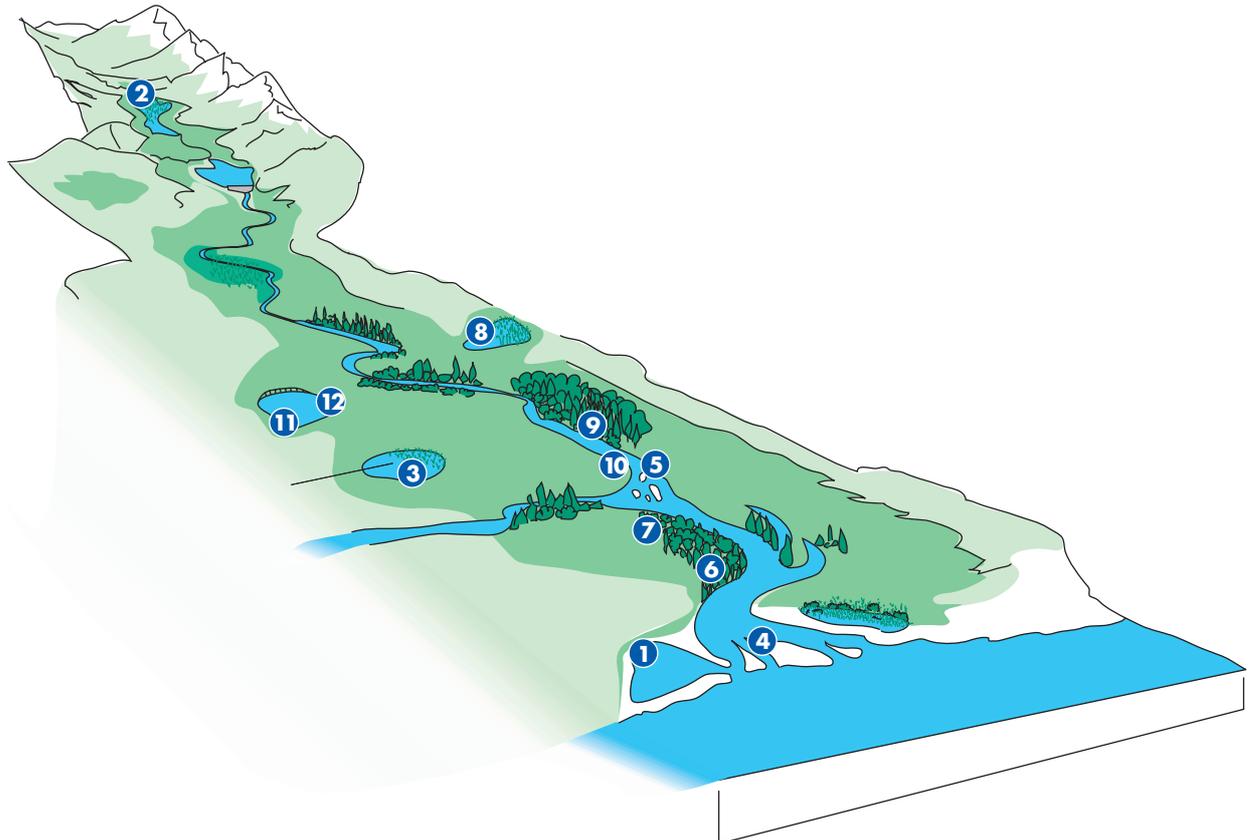
- K1 [ÉTANG DE L'OR](#)
 - K2 [DRUGEON](#)
 - K3 [MARAIS AUDOMAROIS](#)
 - K4 [BAIE DE SOMME](#)
 - K5 [VAL D'ALLIER](#)
 - K6 [BASSES VALLÉES ANGEVINES](#)
 - K7 [BARTHES DE L'ADOUR](#)
 - K8 [LE BAS ARMAGNAC](#)
 - K9 [RIED DU RHIN](#)
 - K10 [VALLÉE ALLUVIALE DE LA MOSELLE](#)
 - K11 [LE DER](#)
 - K12 [LA BASSÉE](#)
- [QUITTER](#)





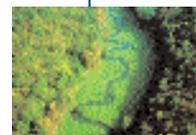
- 1 Étang de l'OR
- 2 Drugeon
- 3 Marais Audomarois
- 4 Baie de Somme
- 5 Val d'Allier
- 6 Basses vallées angevines
- 7 Barthes de l'Adour
- 8 Le Bas Armagnac
- 9 Ried du Rhin
- 10 Vallée alluviale de la Moselle
- 11 Le Der
- 12 La Bassée

Localisation des études de cas dans le bassin versant





L'ÉTANG DE L'OR (34)



Un exemple de contrat de baie pour gérer une zone humide côtière. Zones humides concernées : ZH1, ZH2.

PRÉSENTATION

L'étang de Mauguio ou étang de « l'Or » est une lagune saumâtre appartenant à la chaîne des étangs côtiers du Languedoc, isolée de la mer par un lido sableux, et entouré par une zone humide de 2000 hectares. Il occupe le 4^e rang des étangs littoraux français. Ses intérêts esthétiques et fonctionnels ont conduit à son classement Ramsar* en 1983³⁰.

Bassin versant de 410 km²

Région : Languedoc-Rossillon

Localisation : situé à 15 km au Sud-Est de Montpellier

La zone humide de l'étang de l'Or s'étend sur plus de 5000 hectares. Elle est constituée :

- d'un plan d'eau, de 3100 hectares, de 11 km de long et 3 km de large dont la profondeur varie de 0,5 à 1 mètre,
- d'espaces périphériques humides occupant environ 2000 hectares.



USAGES

L'étang de l'Or fait partie du Domaine Public Maritime. Les zones humides périphériques appartiennent soit aux communes, soit au Conservatoire du Littoral, soit à de nombreux propriétaires privés.

RESSOURCE EN EAU POTABLE

Un réseau de petits cours d'eau, au régime méditerranéen apporte à l'étang 70 millions de m³ d'eau douce par an. Peuplé de 100000 habitants permanents répartis en 31 communes et le double en été, l'étang est la source d'alimentation principale en eau potable.

UNE AGRICULTURE MARAÎCHÈRE

Le maraîchage est la principale activité du bassin versant mais la culture de la vigne, l'exploitation de vergers coexistent aussi en bordure de la zone humide.

DES ACTIVITÉS TRADITIONNELLES

La chasse au gibier d'eau est une activité de loisir pratiquée dans l'étang et les marais par de nombreux chasseurs regroupés en association.

Pratiquée pour le loisir ou la consommation individuelle, peu de personnes vivent de la pêche à l'exception d'une vingtaine de professionnels qui exploitent surtout l'anguille.

Le pâturage extensif par les taureaux et les chevaux (manade) est une activité en expansion sur les terrains en bordure de l'étang.

UNE VOCATION TOURISTIQUE ENCORE RÉDUITE

Le tourisme est actif sur le littoral (stations balnéaires de Carnon et la Grande-Motte) et sur le canal du Rhône à Sète (tourisme fluvial). La fréquentation de l'étang et de ses marges est réduite car l'accessibilité du milieu est peu organisée, et la cohabitation difficile avec les activités traditionnelles.



Il est possible de concilier différentes activités au niveau de l'étang (pêche, conservation des milieux...).

FONCTIONS

La lagune et les marais annexes jouent un rôle important dans la régulation des nutriments⁵⁵, toxiques⁵⁶, MES⁵⁷ et dans la régulation des crues⁵⁸.





Récemment inscrite à l'inventaire international « Ramsar* », la zone humide de l'étang de l'Or est reconnue pour sa grande richesse écologique et ses fonctions biologiques⁹⁸.

La diversité des biotopes* rencontrés, la grande variété d'essences végétales caractéristiques des milieux lagunaires méditerranéens et la relative tranquillité des lieux expliquent l'intérêt majeur de cette zone humide pour l'avifaune*. Elle joue un rôle très important pour l'alimentation, le repos et/ou la nidification de nombreuses espèces d'oiseaux (flamant rose, échasse blanche, busard des roseaux, butor étoilé, grèbe à cou noir, sterne naine, gravelot à collier interrompu). Il faut signaler aussi la présence d'une dizaine d'espèces de poissons, l'étang est un vivier pour les poissons marins migrants tels qu'anguilles, lousps, daurades... Ils entrent dans l'étang à l'état juvénile, repartent en mer une fois adulte. On y trouve aussi des poissons sédentaires.

ATTEINTES

Les pollutions d'origines urbaines et rejets industriels, ainsi que les pollutions diffuses générées par l'utilisation de fertilisants et pesticides agricoles mettent en péril les équilibres écologiques⁹⁹.

Les activités agricoles, notamment le développement de cultures maraîchères intensives dans la bassin versant* de l'étang, sont responsables de 35 % de l'apport d'azote à la lagune. L'absence de dispositif d'élimination de l'azote ou du phosphore des stations d'épuration accentuent les risques de pollution. La nappe d'eau souterraine de la plaine de Mauguio-Lunel est chargée en nitrates.

Les eaux de l'étang sont par conséquent très eutrophes* et soumises périodiquement à des crises dystrophiques appelées « malaïgues » (mauvaises eaux) qui entraînent l'anoxie du milieu et la destruction de nombreux invertébrés et vertébrés. Cette eutrophisation* chronique a affecté sévèrement les pêcheries traditionnelles.

Les rejets industriels, la démolition, devenue systématique depuis l'aménagement du littoral dans les années cinquante, peuvent créer des perturbations plus ponctuelles.

La surexploitation des ressources naturelles et l'accroissement de la fréquentation sont aussi des menaces.

Un problème lié à la pêche est le développement de la « cabanisation » des berges. Ces cabanes de pêcheurs non reliées à un système de collecte des eaux usées posent un grave problème de pollution pour les communes et la gestion future. La chasse a un impact assez fort sur les oiseaux d'eau. Les nombreuses propriétés privées, isolant les milieux, compliquent le respect des réglementations en matière de chasse.

Le pâturage extensif est trop intense⁹⁸ dans certains milieux (surpâturage), ce qui favorise la perte de peuplements végétaux appréciés des herbivores comme les roselières. Autre nuisance, le développement non contrôlé des populations de ragondins, qui déstabilisent les berges, constitue une entrave importante à une gestion efficace du réseau hydraulique.

Les routes importantes qui bordent la lagune ont contribué à fragmenter les zones humides au sud de l'étang. Elles favorisent également une surfréquentation en été, notamment sur la berge sud de l'étang.

ACTIONS

Le syndicat mixte de gestion créé en 1991 et son comité consultatif qui regroupe des représentants du Conseil Général, de toutes les communes riveraines de l'étang et d'une partie seulement de celles du bassin versant sont responsables de la gestion de l'Étang de l'Or.

Plusieurs programmes d'intervention, participent à la mise en place d'une politique de développement durable :

- un projet MedWet, l'Étang de l'Or faisant parti des sites-test,
- un Contrat de Baie : les élus et les acteurs du bassin versant sont engagés pour cinq ans dans un contrat de Baie qui est un programme d'actions cohérentes, globales et concertées. Établi, il s'attache à protéger et valoriser un bassin hydrologique. Il réaffirme la vocation principale de cette zone humide en tant que milieu naturel à préserver, tout en maintenant les activités traditionnelles. Il est fondé sur un diagnostic préalable mettant en évidence les atouts et la fragilité du milieu. Il poursuit les objectifs fixés en concertation par l'ensemble des acteurs de la gestion de l'eau et fédère leur initiative.

AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'EAU DE L'ÉTANG⁹⁸

Il s'agit :

- de renforcer le traitement des eaux usées domestiques (amélioration des stations d'épuration),
- de réduire les apports agricoles diffus,
- de recenser les risques industriels et ceux de la dépollution des caves viticoles.

RÉHABILITER LES COURS D'EAU DU BASSIN VERSANT*

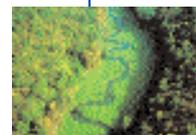
Il s'agit :

- d'effectuer un état des lieux des cours d'eau puis de définir des interventions,
- d'assurer l'entretien et la restauration des berges, le contrôle de la végétation aquatique et l'enlèvement





L'ÉTANG DE L'OR (34)



- d'obstacles à l'écoulement... dans le cadre de Contrat de Rivière et la création d'un poste de technicien de rivière,
- de mettre en valeur les sentiers de promenade, le patrimoine proche de la rivière, les zones de pêche...

GÉRER LES MARAIS AU TRAVERS DE PLANS DE GESTION LOCAUX CONCERTÉS^{A30}

Il s'agit :

- de mettre en œuvre les plans de gestion établis ou en cours d'élaboration,
- de remettre en état les digues et les équipements hydrauliques,
- de réguler les populations de ragondins (opération de piégeage sur un site témoin). Cette opération réalisée sur les marais de Marsillagues a été conduite avec succès. Près de 500 individus ont été piégés sur une année,
- de redonner aux marais leur rôle de régulation naturelle (zone d'expansion des crues, régulation des nitrates),
- de maîtriser et organiser la fréquentation du public^{A32},
- d'établir un état des lieux précis des cabanes, caravanes, hangars, déchets divers, actions de réduction des nuisances, destruction...

AMÉLIORER LE RÉSEAU HYDRAULIQUE^{A18}

Il faut rétablir les échanges de l'étang avec la mer : ils se réalisent par l'intermédiaire des « graus » qui le relient au canal du Rhône à Sète. Les échanges se font aussi par le canal de Lunel. Obstruées par le passé ou envasées, les communications entre l'étang et la mer sont rétablies progressivement par des travaux de dragage. En 1997, la passe du Moutas, la Passe de l'Avranche et la Passe du Petit Travers ont été rétablis. En 1998, l'intervention d'une dragueuse durant 3 semaines a permis l'extraction de 2000 m³ de sédiments permettant à nouveau la libre circulation sur le canal de Lunel.

INFORMATION DES POPULATIONS DU BASSIN VERSANT^{A33}

Différents modes d'information et de sensibilisation sont utilisés : réunions publiques, document d'information, exposition itinérante, visite de sites...

BILAN

La volonté de préserver et de restaurer la Petite Camargue, dont fait partie l'étang de l'Or avec la Camargue Gardoise, a conduit l'État et l'Union Européenne, avec le soutien du département de l'Hérault et du Gard à mettre en place une Charte d'Environnement associée à un Schéma

d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE) et un Contrat de Baie. La plupart des actions engagées dans ces nouvelles procédures sont récentes et le recul nécessaire pour les évaluer reste encore insuffisant bien qu'elles semblent déjà très prometteuses tant au point de vue écologique (régression des ragondins, amélioration des stations d'épuration) qu'économique (information, sensibilisation et participation accrue des acteurs locaux).

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Aldebert F. & Cazenave C., 1994. Étude préalable à la mise en œuvre d'un plan de gestion. Berges nord de l'Étang de l'Or. Commune de Mauguio. Syndicat Mixte de la gestion de l'Étang de l'Or - Mémoire de DESS Activités et Aménagements Littoraux et Maritimes, Université de Montpellier II : 41 p + Annexes.

AQUASCOP, 1997. Étang de l'Or. Contrat de Baie. Dossier d'agrément provisoire. Résumé. 9 p.

Baissette G., 1990. L'étang de l'Or. Les Presses du Languedoc : 239 p.

BIOTOPE, 1997. Plan de gestion sur les zones humides de Saint-Nazaire de Pézan. Tome I Aspect Hydraulique et occupation du milieu, Tome II Faune et flore.

IARE, 1995. Rives nord de l'étang de l'Or - commune de Mauguio. Gestion de la fréquentation et protection du milieu. Syndicat Mixte de la gestion de l'Étang de l'Or.

Lettres d'information du Syndicat Mixte de gestion de l'Étang de l'Or. L'Or infos. 1997/1998.

RÉFÉRENCES

Société de Protection de la nature du Languedoc-Roussillon, c/o Village occitan, n° 52. 34300 Cap-d'Agde. Tél. : 0567263165.

Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon, Maison de l'Environnement. 16, rue Ferdinand Fabre, 34000 Montpellier.

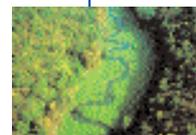
Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres, (CELRL). 20 rue de la République, 34000 Montpellier. Tél. : 0467580558.

Syndicat Mixte de Gestion de l'étang de l'Or. Chemin des 3 Ponts, 34400 Lunel-Viel. Tél. : 0467711058, fax : 0467710640.





VALLÉE DU DRUGEON



Un exemple de restauration de tourbière et de cours d'eau.
Zones humides concernées : ZH7, ZH3.

PRÉSENTATION

Le Drugeon est un petit cours d'eau affluent du Doubs, situé à l'ouest de Pontarlier à une altitude voisine de 800 mètres.

La vallée du Drugeon forme une large dépression au sein du plateau du Jura; elle regroupe plusieurs types de milieux : vastes tourbières, rivière, étangs.

Bassin : Rhône-Méditerranée-Corse

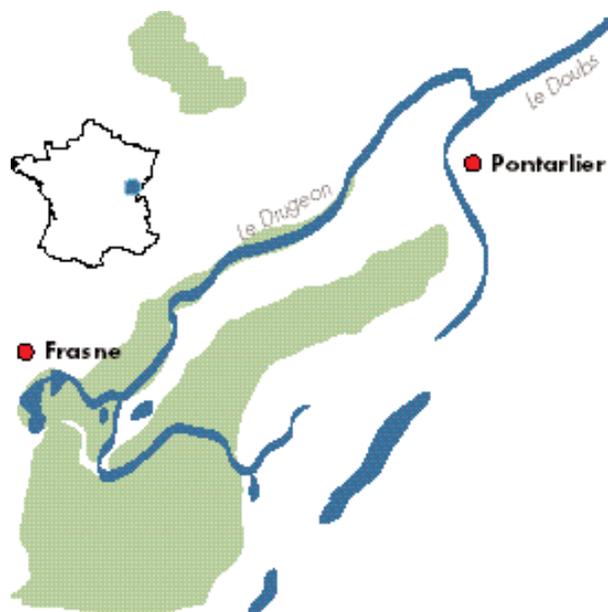
Région : Franche-Comté

Départements : Doubs (25) et Jura (39)

14 communes

Surface : 3600 ha dont 2000 ha de milieux tourbeux

Drugeon : débit moyen d'environ 3 m³/s (de 0,15 à 70 m³/s),
bassin versant* de 170 km²



USAGES

L'agriculture constitue l'usage traditionnel de l'espace (élevage bovin).

Les loisirs ne sont pas très développés. Il s'agit d'un tourisme doux dans la région, ainsi que de la pêche sur les étangs et la rivière.

L'extraction de la tourbe a été pratiquée, mais sans porter une atteinte fondamentale à la qualité des milieux.

FONCTIONS

Le patrimoine naturel de la vallée, et des tourbières en particulier, est exceptionnel[®]. On compte par exemple 15 espèces de plantes protégées au niveau national et 19 au niveau régional. Le site est également remarquable en ce qui concerne les oiseaux avec la reproduction des marouettes, du râle de genêts, de la bécassine des marais, du courlis cendré...



Drugeon à l'aont de l'étang.

MENACES ET ATTEINTES

L'« assainissement » des marais du Drugeon, visant à gagner 2000 ha de terres agricoles, a été engagé entre 1950 et 1970. Il a consisté dans la mise en place de drains dans les tourbières et par le recalibrage de la rivière (diminution de 20 % de sa longueur)[®].

Il en est résulté :

- une profonde dégradation de la rivière (chenalisation, érosion du fond et des berges)[®],
- un abaissement des nappes,
- une accélération du ressuyage de la tourbière lors des crues, avec diminution de la capacité de rétention des crues par la zone,
- une diminution des débits d'étiage de la rivière, par réduction du rôle d'éponge de la tourbière,
- diminution de la capacité auto-épuratoire du marais par réduction de son inondation.

En parallèle, la déprise rurale a entraîné l'arrêt du pâturage de nombreuses surfaces.

Ces facteurs conjugués ont conduit au développement des ligneux dans la tourbière.



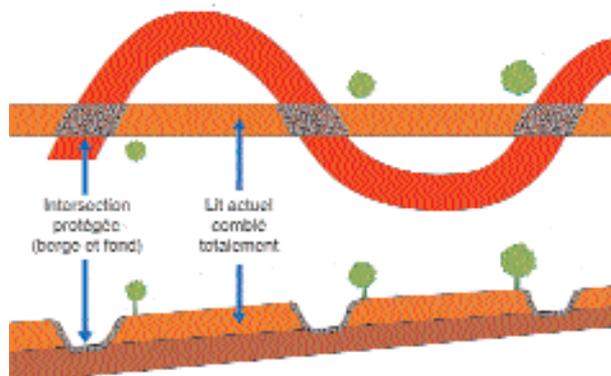
ACTIONS

Face à cette évolution, les collectivités locales et leurs partenaires ont souhaité restaurer ce milieu naturel exceptionnel, afin de préserver l'ensemble de ses fonctions : patrimoine naturel, régulation hydraulique, maintien d'un paysage favorable à un tourisme doux...

Le Syndicat Intercommunal du Plateau de Frasnes a mené entre 1993 et 1997 un programme LIFE, financé en particulier par la Communauté européenne et le ministère de l'environnement.

Le syndicat s'est appuyé sur le conservatoire des espaces naturels de Franche-Comté pour les tourbières et sur le syndicat mixte Saône-Doubs et la DDAF en ce qui concerne la rivière.

Schéma de principe de réhabilitation de l'ancien tracé



Source : Syndicat mixte Saône-Doubs

RIVIÈRE

L'objectif de la restauration est de retrouver un cours d'eau de valeur, tant sur le plan de la qualité de l'eau que de la géomorphologie⁶⁶.

La rivière a fait l'objet d'un reméandrement⁶², avec comblement de l'ancien canal rectiligne et remise en eau de l'ancien lit. Les secteurs menacés d'érosion (risque de reprise du canal par la rivière) sont protégés par des techniques végétales.

Près des villages, le reméandrement peut entraîner une augmentation des inondations; il est alors possible de conserver partiellement le cours canalisé qui devient chenal de crue. Dans certains sites, la réhabilitation est moins poussée : restauration du cours rectifié (reconstitution d'un lit moyen et d'un chenal d'étiage à partir de l'arasement des berges), diversification du chenal (seuils rustiques en bois, blocs ou épis constituant des caches ou des zones courantes...).

Le syndicat intercommunal a lancé un programme d'amélioration de l'assainissement, par réalisation d'un collecteur raccordant 9 communes à une station d'épuration (7000 équivalents-habitants), avant rejet à la rivière⁶⁵.

TOURBIÈRES

Les tourbières doivent être restaurées sur le plan hydraulique et végétal⁶³; elles doivent ensuite faire l'objet d'une gestion qui leur garantit une pérennité.

Restauration hydraulique

Afin de restaurer l'humidité du marais, certains drains ont été obstrués par des barrages-seuils en rondins ou panneaux de bois, renforcés par un bouchon de tourbe⁶⁷.

Coupe des ligneux

20 chantiers ont permis la restauration d'une centaine d'hectares en cours de boisement.

Sur les sols non portants les travaux ont été effectués à la main (21 500 F/ha en moyenne).

Les matériaux coupés ont été évacués ou brûlés sur des dispositifs (cuves métalliques) évitant un contact direct avec la tourbière. Les arbres coupés ont posé de gros problèmes de rejets; une essoucheuse portable devrait être utilisée pour régler cette difficulté.

Sur les sols portants, un broyage mécanique a été réalisé à l'aide d'une pelle mécanique « marais » à chenilles larges (10 000 F/ha en moyenne). Les souches sont arrachées et enfouies dans le sol, la tête en bas.

Pâturage

Environ 100 hectares ont été entretenus par pâturage⁶² (génisses montbéliardes, chevaux comtois et poneys Haflinger), en particulier par conventions avec des éleveurs locaux.

Fauche

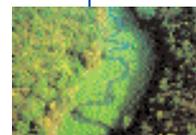
Les zones dont le sol était suffisamment régulier peuvent être entretenues par fauche, après un broyage initial⁶³. La fauche est réalisée tard en saison, à l'aide d'un tracteur équipé de roues larges à faible pression. Les végétaux produits n'ont pas pu être évacués à cause de l'irrégularité du terrain. Des îlots non fauchés sont conservés systématiquement au sein des parcelles fauchées (protection de la faune).

ZONES AGRICOLES

Les parties les moins humides du marais sont encore exploitées par des agriculteurs. Un programme agri-environnemental y a été mis en place⁶¹; il a remporté un grand succès



VALLÉE DU DRUGEON



avec signature de convention de gestion sur plus de 1500 hectares. Les obligations des agriculteurs portent en particulier sur la réduction des fumures et la fauche tardive. De même, les bâtiments d'élevage ont été mis aux normes afin de réduire les rejets dans le milieu naturel.

Le bilan de cette opération apparaît comme très satisfaisant. Des surfaces importantes ont fait l'objet d'une réelle réhabilitation, avec des techniques souvent novatrices à l'échelle de la France. A moyen terme, on peut s'interroger sur la façon de pérenniser une gestion de contrôle de l'inductible fermeture de la végétation des tourbières.

Le budget de l'opération (en millions de francs)

LIFE

- Gestion du programme et études	1
- Acquisitions foncières	1,2
- Réhabilitation du Drugeon (1 ^o tranche)	2
- Défrichements de zones humides	3,2
- Gestion des zones humides	1,2
- Information, sensibilisation	0,45

Autres actions

- Assainissement intercommunal	30
- Opération locale agri-environnementale	4
- Mise aux normes du bâtiments d'élevage	12
- Réhabilitation du Drugeon (suite)	8

Le financement a été assuré par l'Europe, le Ministère de l'Environnement, l'Agence de l'eau, les collectivités locales...

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

La lettre du Drugeon, lettre de liaison du programme communautaire.

Conservatoire des espaces naturels de Franche-Comté, 1995. Programme LIFE. Sauvegarde de la richesse biologique du bassin du Drugeon, inventaire écologique initial et opérations de gestion. 113 p.

Dupieux N., 1998. La gestion conservatoire des tourbières de France. Premiers éléments scientifiques et techniques. Programme Life-Nature « Tourbières de France ». Espaces naturels de France. 244 p.

CONTACTS

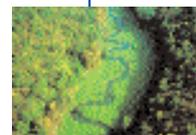
Syndicat intercommunal du plateau de Frasne, Mairie, 25560 Frasne. Tél. : 0381 498884, fax : 0381 897588.

Conservatoire des espaces naturels de Franche-Comté, 4 bis rue des Chalets, 25000 Besançon. Tél. : 0381 530420, fax : 0381 885564.





MARAIS AUDOMAROIS (62)



Un exemple de marais soumis à de forts conflits d'usage; préservation de l'écosystème par un contrat de rivière élargi à un SAGE. Zones humides concernées : ZH3, ZH5.

PRÉSENTATION

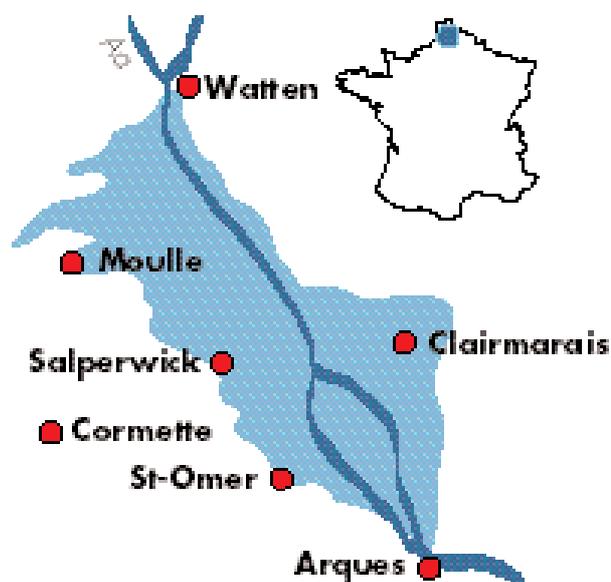
Le marais de l'Audomarois est une zone humide d'importance régionale qui se situe au débouché du bassin versant* de l'Aa. Son rôle et sa richesse écologique font de lui une zone humide particulièrement sensible sur le plan écologique^{es} et représente une contrainte importante vis-à-vis des objectifs d'utilisation de l'eau dans le bassin versant.

Bassin : Artois-Picardie

Région : Nord Pas de Calais

Département : Pas de Calais

Surface du marais : 34 km²



USAGES

- Alimentation en eau potable : le bassin versant Audomarois qui alimente le marais ainsi que le marais lui-même est fortement sollicité (prélèvements de 40000000 m³ par an),
- Activités industrielles : papeteries, verreries, conserveries et brasseries. Toutes ces activités sont consommatrices d'eau (25 % des prélèvements) et polluantes (rejets),
- Agriculture : l'irrigation des cultures nécessite 400000 m³ d'eau par an,

- Vocation patrimoniale et environnementale dans un souci de maintenir la richesse et la diversité du patrimoine biologique (Bussards des Rousseaux),
- Vocation touristique : il s'agit de préserver une des rares zones humides du Nord-Pas de Calais autour de laquelle se sont développées des activités de loisir (promenade en barque, découverte de la nature, etc.) et qui est intégrée dans le Parc Naturel Régional Audomarois,
- Vocation piscicole et cynégétique soutenue par un milieu associatif dynamique,
- Vocation maraîchère.



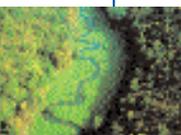
Une forte pression agricole sur le marais.

FONCTIONS

Comme la plupart des zones humides, les fonctions qu'il remplit sont multiples :

- **protection de l'aquifère** : les alluvions sablo-argileuses et tourbeuses, ainsi que les sables et les argiles jouent un rôle de protection de l'aquifère inférieur vis à vis des pollutions terrestres,
- **rôle tampon** : dans le maintien de l'équilibre hydraulique entre les multiples canaux qui traversent le marais et le marais, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre,
- **en cas de crue**, le marais constitue une zone d'expansion des crues de l'Aa^{es},
- **réalimentation en eau** : lors des années sèches, le marais participe à la réalimentation de la nappe^{es},
- **rétenion des matières en suspension, des toxiques** : le marais joue un rôle de « récepteur-décanteur »^{es, F7},
- **rôle patrimonial** et environnemental^{es} : le marais, à intérêt naturaliste et paysager fort, se compose de nombreuses pâtures humides, de friches de peupleraies et d'étangs. Cette richesse lui a permis d'être intégré dans le Parc Naturel Régional des Caps et du Marais d'Opale. De plus





le marais comprend plusieurs secteurs ZNIEFF, une réserve naturelle volontaire de 80 ha : la Romelaère, ainsi que des espaces naturels sensibles (450 ha) gérés par EDEN 62.

ATTEINTES

Le marais Audomarois se situe dans une zone économique très active qui, du fait de sa situation, ressent de façon plus ou moins amortie les conséquences de l'ensemble des usages en eau situé sur son bassin versant.

Les perturbations induites par les activités humaines sont nombreuses, dont notamment :

- les prélèvements d'eau souterraine dans la nappe qui réduisent l'alimentation naturelle souterraine du marais⁴²,
- les rejets d'eaux usées dans le cours d'eau traversant le marais⁴¹,
- les variations de niveau dues à la gestion du canal de la Navigation.

Ces perturbations influent sur différents paramètres :

- dégradation de la qualité de l'eau dont notamment la température,
- atteintes à la faune et la flore associées au marais,
- modifications de l'alimentation en eau du marais,
- modifications du niveau d'eau dans le réseau des canaux et par la même sur le tourisme, le maraîchage et la préservation du patrimoine biologique.

ACTIONS

Pour améliorer la qualité de l'eau dans le Marais et préserver le milieu, l'ENR, organisme de gestion du parc naturel (Espace Naturel Régional) s'est fixé plusieurs objectifs :

La restauration de la qualité de la rivière par :

- l'entretien régulier de la végétation des berges, ainsi que de la végétation aquatique. Pour cela, l'ENR, a fait l'acquisition en 1990 d'un bateau faucardeur capable de faucher et ramasser les plantes aquatiques et les plantes sur berges, tout en limitant les dégâts sur l'environnement,
- le nettoyage du fond du lit : en 1986, la partie ouest du marais a été curée sur 12 km, ce qui a permis de retirer 150000 m³ de boue,
- l'enlèvement d'obstacles à l'écoulement,
- la création ou l'amélioration de stations d'épuration⁴¹⁵ : 5 stations d'épuration urbaines et industrielles ont été mises aux normes (une amélioration sensible de la qualité de l'eau notée depuis),

- le déplacement de points de rejet des eaux,
- le contrôle du mode d'occupation et d'utilisation des sols⁴¹⁰,
- la conception et l'organisation de la protection contre les pollutions accidentelles,
- la réalisation d'un bassin décanteur⁴²⁰ pour faire baisser le taux élevé de matières en suspension ainsi que différentes mesures d'accompagnements (maintien des haies, couverture végétale sur les terres agricoles en hiver),
- un dispositif informatique automatique a été mis en place pour la surveillance et l'alerte de l'évolution de quelques paramètres de la qualité des eaux⁴²⁶.

L'amélioration des écoulements et de la gestion des eaux grâce à :

- la remise en état du réseau secondaire,
- l'amélioration des écoulements en facilitant l'auto-curage.

La gestion et protection du milieu par :

- des mesures de protection réglementaire ont été mises en place, notamment la création d'une réserve naturelle volontaire de tourbière de 80 ha (Réserve de Romeraere) et le classement de 450 ha en espace naturel sensible⁴³⁰,
- l'entretien des zones marécageuses par le pâturage extensif⁴²².

La valorisation raisonnée du marais et de la rivière :

Pour permettre au public de découvrir le marais audomarois dans de bonnes conditions, tout en respectant le milieu, des emplacements réservés et des zones spécialisées pour l'accueil des installations de loisir et des touristes devraient être définis.

A cela s'ajoute la construction de pistes pour la promenade, d'une route, et de sentiers.

En complément, une politique de communication est menée pour informer et sensibiliser le public⁴³³.

Des études complémentaires pourraient être menées, dans le but de mieux connaître le fonctionnement hydraulique du marais et ses échanges.

BILAN

Une partie des actions préconisées s'inscrit dans le cadre du Contrat de Rivière de l'Aa, s'inscrivant lui-même dans un Schéma d'Aménagement de Gestion des Eaux (SAGE) en cours d'élaboration. Malheureusement, les nombreux conflits d'usages rendent le programme de reconquête de la qualité des eaux difficile à mettre en œuvre.





POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Le marais audomarois autour de Saint Omer, Cahier technique du GRAIE.

La Lettre de la CLE Audomarois, n° 0, juin 1999.

BURGÉAP, Syndicat Mixte d'Aménagement et de développement de l'Audomarois, Étude globale sur les ressources en eaux souterraines dans le bassin versant* de l'Aa (62), R1538B, mars 1995.

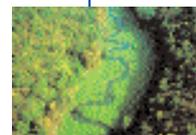
CONTACTS

Maison du Parc, le grand Vannage, B. P 24, 62510 ARQUES.
Tél. : 0321986298, fax : 0321983705.





LA RÉSERVE NATURELLE DE LA BAIE DE SOMME (80)



Un exemple de gestion de l'équilibre entre hydraulicité, salinité, écosystème : . Zones humides concernées : ZH1, ZH2.

PRÉSENTATION

La Baie de Somme représente, après la Baie de Seine, le deuxième grand complexe estuarien du nord-ouest de la France.

La Somme en amont d'Abbeville, est dotée d'un bassin versant* de 5560 km².

Département : Somme, région Picardie

Localisation : située sur le littoral Picard, la Baie de Somme s'ouvre sur la Manche orientale entre la pointe St Quentin au nord et celle du Hordel au sud, distantes de 5 km.



La Baie de Somme couvre 7200 hectares de milieux « intertidaux ». La Réserve Naturelle intègre différents ensembles dont la majorité se situe sur le Domaine Public Maritime :

- la partie maritime de la Réserve Naturelle couvre près de 3000 hectares de zones sablo-vaseuses,
- la partie terrestre de la Réserve est moins vaste. Elle s'étend sur 200 hectares dont 168 ha constitue le Parc Ornithologique du Marquenterre, propriété du Conservatoire de L'Espace Littoral et des Rivages Lacustres et 30 ha une zone boisée dunaire. Le Parc est un espace conquis sur la mer et à l'origine totalement artificiel. Son objectif est réservé pour l'observation des oiseaux.

le Parc Ornithologique du Marquenterre possède trois alimentations en eau :

- les apports d'eau de pluie et de ruissellement,
- les apports par pompage dans la nappe,
- les apports par la vanne située à la Maye.

Trois sources sont utilisées pour conserver une hauteur d'eau relativement régulière dans les plans d'eau et les canaux.

USAGES

La région est rurale. Les concentrations de populations sont faibles. Les principales communes, Rue, Le Crotoy, St Valéry sur Somme, Cayeux, localisées sur le pourtour de la Baie, du nord au sud, ne dépassent pas 4000 habitants. La ville la plus importante de la région, Abbeville, compte 30000 habitants.

UNE AGRICULTURE PLUS DÉVELOPPÉE À L'INTÉRIEUR DES TERRES

La plus grande partie de l'espace intérieur de la région est cultivée; les bas-champs qui composent la plaine maritime picarde sont pâturés par les bovins et les moutons.

LES ACTIVITÉS TRADITIONNELLES

Le ramassage des coques constitue une activité économique de premier ordre en Baie de Somme, avec l'emploi saisonnier de 200 à 250 personnes. La salicorne et le lilas de mer sont cueillis en été sur les schorres* pour réaliser des bouquets secs. Cette activité n'est pas réglementée pour la première espèce alors qu'elle l'est pour la seconde. La mytiliculture (élevage des moules) est une des activités en croissance sur la côte Picarde; le passage des tracteurs dans la réserve est en cours d'instruction. La chasse est interdite sur la Réserve Naturelle ou le Parc; elle est pratiquée dans les marais privés arrière-littoraux de la Baie de Somme. Attirés par l'abondante sauvagine, les chasseurs se retrouvent sur cette baie aux périodes autorisées.

UNE VOCATION TOURISTIQUE TRÈS IMPORTANTE

La région, et plus particulièrement la Baie de Somme, reste largement fréquentée surtout lors des fins de semaines et des vacances estivales. Des infrastructures routières et ferroviaires permettent d'accéder facilement à la côte. L'autoroute Paris-Calais facilite les transports depuis 1997 et donc la fréquentation en Baie de Somme.





A marée basse, les étendues de sable permettent la pratique du char à voile, du speed-sail et du cerf-volant, ce qui déranger les oiseaux.

FONCTIONS

UN RÔLE D'ÉPURATION ENTRE LE BASSIN VERSANT* ET LA MER^{F5, F6, F7}

La Baie de Somme est une zone de contact entre l'eau douce, en provenance des nappes intradunaires ou des précipitations, et l'eau salée. Compte tenu de leur position entre le bassin versant et la mer, les marais et vasières jouent un rôle important dans la régulation des nutriments*, la rétention des toxiques et des MES car la végétation a un rôle de peigne vis à vis de ces différents éléments. Ces milieux contribuent à préserver la qualité de l'eau.

UNE CONVERGENCE DES VOIES MIGRATOIRES ET UNE FORTE PRODUCTION D'ESPÈCES BENTHIQUES^{F8}

Ses immenses vasières recouvertes à marée haute (ou slikke*) à très forte productivité (forte densité, biomasse* et production d'espèces benthiques*), la diversité de ses milieux, l'existence de vastes étendues de mollières, de vasières, de prairies humides et marais-littoraux forment un ensemble écologique de première importance pour l'avifaune et la nature en général. Sa position géographique en fait le premier grand estuaire du nord de la France. Elle constitue une escale pour les migrateurs, tant lors de la descente que de la remontée.

ATTEINTES

PROCESSUS DE COLMATAGE DU DOMAINE MARITIME^{M4}

Depuis des siècles, la Baie de Somme est soumise à un processus de colmatage qui s'est accéléré avec les poldérisations et l'extension des mollières (ou schorres*). La limite entre le domaine maritime et le domaine terrestre est marquée par une digue de sable qui protège le milieu poldérisé contre les invasions de la mer. En période de tempêtes, l'ouvrage connaît des assauts répétés de la mer (dépression au pied de l'ouvrage issue de l'érosion marine, érosion éolienne, accumulation de substrat sableux, etc.).

DESTRUCTION D'ENGINS DE GUERRE

Ces destructions engendrent de nombreux dérangements et dégâts en détruisant le sol (impact sur les espèces benthiques). Les détonations font fuir les oiseaux. Les risques de blessures aux phoques, voire de mortalité ont été démontré.

PRESSION TOURISTIQUE

La très forte pression humaine (accessibilité facile grâce à l'autoroute A16) se traduit par une utilisation de l'estran sableux de la Réserve Naturelle comme plage à vocation touristique. De nombreuses activités, incompatibles avec la quiétude des oiseaux, sont donc pratiquées à l'intérieur et en périphérie immédiate de la Réserve naturelle.

SALINITÉ ET NIVEAUX D'EAU DANS LE PARC

L'analyse simultanée des hauteurs d'eau et des salinités fait apparaître que des mélanges d'eau douce et d'eau salée s'effectuent dans des conditions variant d'un site à l'autre. Le maintien des salinités et des hauteurs d'eau souhaitées impose le contrôle actif des entrées et des sorties d'eau.

COLONISATION PAR LES BUISSONS

Certains buissons comme l'argousier ou les saules tendent à envahir peu à peu l'ensemble des secteurs ouverts, en particulier les zones d'eau libre ou encore certains reposoirs sableux du parc.

ACTIONS

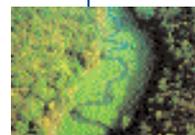
TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT SUR LA DIGUE

Il est rapidement devenu nécessaire de renforcer cet ouvrage (lisse métallique, tirants perpendiculaires à l'ouvrage, filtre géotextile non tissé, enrochement à la base...). D'après les observations effectuées sur les différents types de protection, l'utilisation de gabions de galets reposant sur un géotextile et consolidant les rondins apparaît comme le moyen le plus sûr. Cependant, le géotextile installé en arrière des rondins s'est avéré inadapté en empêchant l'eau de mer de s'évacuer, créant des poches d'eau et provoquant le pourrissement des rondins de bois.





LA RÉSERVE NATURELLE DE LA BAIE DE SOMME (80)



MAÎTRISER LES NIVEAUX ET LA SALINITÉ DE L'EAU ET CONTRÔLER LA DYNAMIQUE VÉGÉTALE DANS LE PARC^{516, 517}

L'origine artificielle du Parc implique qu'il ne peut être abandonné à une évolution naturelle qui le banaliserait rapidement. Un entretien des systèmes hydrauliques est donc nécessaire. Les entrées et les niveaux d'eau dépendent des saisons et des objectifs afin de satisfaire les besoins des anatidés en période hivernale et des limicoles littoraux nicheurs.

Le plan de gestion a prévu nombre d'opérations visant à la réouverture, par débroussaillage mécanique, de secteurs envahis par les buissons. Un pâturage par des chevaux Henson et quelques bovins est également mis en œuvre pour entretenir un habitat favorable aux oies et canards en hivernage. Un troupeau de mouflons en semi-liberté complète ces grands herbivores.

SENSIBILISATION ET INFORMATION^{A32, A33}

Contrairement au domaine maritime où la fréquentation touristique n'est pas souhaitée, le parc possède des structures d'accueil et a pour ambition d'augmenter le nombre de visiteurs. Les animateurs présents sur les postes d'observation ont pour rôle d'aborder les visiteurs et leur montrer les oiseaux, de répondre aux questions des visiteurs connaisseurs ou néophytes. Il existe encore très peu de moyens accordés au contrôle de la fréquentation en dehors du parc.

SUIVI SCIENTIFIQUE⁵⁹

- Étude du benthos par le GEMEL (Groupe d'Étude des Milieux Estuariens et Littoraux) qui suit la production, la répartition et l'abondance des espèces benthiques*, suivi précis et régulier des ressources alimentaires pour les oiseaux.
- Étude ornithologique depuis les années 1970 (Picardie Nature, Marquenterre Nature, ONC, LPO, réseau Eurosite).
- Un suivi régulier et surveillance estivale au moment de la mise-bas des phoques (pression de surveillance entre 1 000 heures et 1 500 heures cumulés par an, réduction de 50 % du dérangement estival).

BILAN

Les actions engagées pour l'équilibre de la ressource en eau et la conservation de la biodiversité*, notamment pour sa grande valeur ornithologique, ont permis à la Réserve Naturelle d'être répertoriée dans une ZNIEFF de type I et d'être déclarée comme Zone de Protection Spéciale (ZPS). Un projet de désignation de la Baie de Somme et des marais arrière-littoraux à la convention de Ramsar* est en cours d'instruction. Cependant, il reste quelques améliorations pour l'aménagement de la digue (meilleure préparation des rondins, augmentation de leur longueur, augmentation de leur cohésion par création de méplats, tirants transversaux tous les 3 mètres, couverture végétale de l'ensemble de la digue après consolidation). Enfin, une solution plus esthétique reste à trouver. Des interrogations subsistent sur le devenir du Parc dans cinquante ans, ses possibilités d'accueil pour les oiseaux en raison du processus de colmatage et du recul progressif du polder* à l'intérieur des terres. Il reste aussi des difficultés à ajuster les salinités et les hauteurs d'eau en fonction des objectifs prédéfinis par espèces. Les sureffectifs à certaines périodes de l'année créent également des phénomènes d'eutrophisation*. Enfin, l'embroussaillage continue, il manque un suivi précis de l'impact des grands herbivores sur la végétation.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Triplet P., Deblangy B. & Leu H., 1995. Plan de gestion de la Réserve Naturelle de la Baie de Somme. Domaine Public Maritime, Parc Ornithologique. Syndicat Mixte pour l'Aménagement de la Côte Picarde.

RÉFÉRENCE

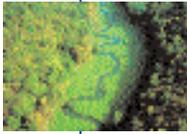
Syndicat Mixte pour l'Aménagement de la Côte Picarde. 1, Place de l'Amiral Courbet, 80100 Abbeville. Tél. : 0322206030.

Marcanterra « L'homme – la Nature – le Futur », 80120 St Quentin en Tourmont. Tél. : 0322250306, fax : 0322250879.





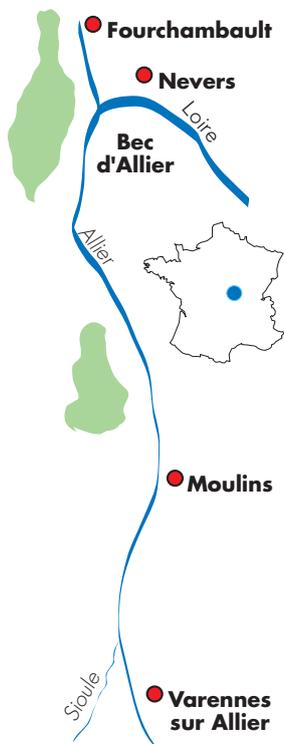
BASSE VALLÉE DE L'ALLIER



Un exemple de grand cours d'eau dynamique. Zones humides concernées : ZH3, ZH4, ZH5, ZH6, ZH10

PRÉSENTATION

L'Allier a conservé, dans son cours aval, une dynamique fluviale exceptionnelle en France. Cette rivière forme des méandres mobiles, qui se déplacent et se recourent lors des crues. Ce mécanisme est à l'origine de la diversité des paysages : grèves, anciens bras, prairies, ripisylves*...



Bassin : Loire-Bretagne
Régions : Auvergne,
Bourgogne

Départements : Allier,
Nièvre

Longueur : 100 km

Maîtres d'ouvrage :

- Réserve naturelle : État,
gestion par la Ligue pour
la Protection des Oiseaux
- LIFE :

- Varennes-Moulins
Conservatoire des espaces
et paysages d'Auvergne,
Ligue pour la Protection
des Oiseaux

- Bec d'Allier : WWF
France

USAGES ET FONCTIONS

L'Allier traverse une région rurale; les prairies inondables sont utilisées pour la pâture du bétail (bovins).

Cette rivière présente un intérêt réel pour la pêche.

La dynamique fluviale permet l'existence d'écosystèmes particulièrement variés et originaux : succession de végétation depuis les grèves de sédiments nus jusqu'à la forêt alluviale, les prairies sèches ou les anciens bras fluviaux.

Cet hydrosystème fluvial assure d'autres fonctions importantes : production d'eau potable (captages en nappe), expansion des crues^{F1}...

MENACES, ATTEINTES

Le val d'Allier constitue l'un des systèmes fluviaux les mieux préservés de France; il connaît toutefois une lente dégradation.

STABILISATION DE LA RIVIÈRE^{M3}

Le risque principal pesant sur ce milieu est sans doute la stabilisation des berges. Pour protéger des terres agricoles, des routes, des zones bâties, ect. ont été édifiées des enrochements de berges qui limitent les divagations du chenal. Dans certaines parties de la rivière, il en est résulté un enfoncement du lit, une diminution des divagations et une banalisation de la végétation.

AGRICULTURE : ENTRE ABANDON ET INTENSIFICATION^{M8}

L'espace de divagation de la rivière est traditionnellement utilisé pour le pâturage des bovins. Cette activité, très compatible avec le maintien d'écosystème riches, a tendance à régresser. Dans les zones les plus inondables, le pâturage est abandonné, entraînant la réduction des milieux naturels ouverts. Dans les zones plus hautes, les prairies sont souvent retournées pour être cultivées en maïs irrigué, dont les surfaces s'étendent compte tenu du marché et des subventions élevées à l'hectare.

L'EXTRACTION DES ALLUVIONS^{M7}

Pendant longtemps, des extractions ont été pratiquées dans le lit même de la rivière, entraînant l'enfoncement de son lit. Depuis quelques années, les extractions ne sont plus autorisées que dans le lit majeur, mais elles y provoquent des impacts négatifs : destructions de milieux naturels, captures par la rivière, provoquant une incision de celle-ci, protection des berges par enrochement. L'évolution actuelle tend à interdire toute extraction en lit majeur de l'Allier (exemple du schéma départemental des carrières de l'Allier -03).



La dynamique de la rivière Allier est à l'origine d'une grande diversité écologique.





POLLUTION^{M1}

Du fait de ses étiages sévères, l'Allier est sensible aux rejets, d'autant plus que les effluents de certaines grandes agglomérations ont longtemps été peu ou mal épurés (Clermont-Ferrand).

ACTIONS

Par son caractère exceptionnel, l'Allier a fait l'objet d'une attention particulière depuis quelques années^{A30} : programme LIFE « Loire-Nature », réserve naturelle, Plan Loire Grandeur Nature, dont l'essai de mise en place d'un espace de divagation pour la rivière... Le site fait progressivement l'objet d'une gestion globale et ambitieuse.

UNE DÉMARCHE À L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT^{S2}

La basse vallée de l'Allier a fait l'objet d'opérations de protection ou de restauration, dans plusieurs cadres.

En 1994, le val d'Allier à l'amont de Moulins a été classé en réserve naturelle d'État (1 450 ha).

Entre 1993 et 1998, la Loire et l'Allier ont fait l'objet d'un vaste programme LIFE (L'Instrument Financier pour l'Environnement de la communauté européenne), baptisé « Loire Nature », piloté par Espaces Naturels de France.

La basse vallée de l'Allier constitue l'un des sites d'intervention de ce projet.

L'ensemble de ces actions s'inscrivent aujourd'hui dans le Plan Loire Grandeur Nature lancé par l'État.

Certains problèmes importants devraient être réglés dans le cadre de cette gestion globale. La qualité de l'eau de la rivière s'améliorera avec la création de stations d'épuration importantes. Le statut des poissons migrateurs devrait être restauré par l'alevinage (mise en place d'une pisciculture du saumon) et la suppression de certains obstacles.

PRÉSERVATION DE LA DYNAMIQUE FLUVIALE^{A1}

La préservation de la dynamique fluviale a constitué un objectif prioritaire de la mise en valeur de cet espace. Les extractions en lit mineur ont été interdites depuis quelques années. L'espace de liberté du cours d'eau a été délimité de façon précise, de façon à guider les choix en matière d'extractions en lit majeur, de protection des berges...

Entre Varennes et Moulins, soit 20 kilomètres, la dynamique fluviale s'exprime avant tout dans le Domaine Public Fluvial, étendu sur 1 500 ha et largement classé en réserve naturelle. A l'extérieur du DP, les terrains privés sont parfois situés

très près de la rive; leur protection justifie la plupart des enrochements. Afin de prévenir ce risque, les pilotes du programme LIFE ont déterminé des espaces d'acquisitions prioritaires, puis mené une animation foncière avec l'aide de la SAFER. Au terme du programme, 166 hectares ont été acquis, sur un total de zone d'intervention de 1 000 ha.

PRÉSERVATION DU BEC D'ALLIER

Le bec d'Allier au confluent de l'Allier et de la Loire, constitue un site naturel remarquable, qui a fait l'objet de nombreux projets (sablères, mise en valeur touristique...). L'action des associations de protection de la nature a permis de limiter ces risques. Le département de la Nièvre a pu, dans le cadre de la TDENS (Taxe Départementale des Espaces Naturels Sensibles), acquérir le site (55 hectares) pour le protéger.

Une parcelle agricole de 11 ha (maïs) a été acquise en bord d'Allier; elle a été renaturée en plusieurs étapes : arrêt de l'agriculture, suivi de la colonisation végétale, broyage, traitement herbicide sélectif non rémanent. Dans la partie la plus envahie par des espèces végétales indésirables, le terrain a ensuite été labouré puis semé d'espèces prairiales indigènes. Cette prairie reconstituée est gérée par un agriculteur (pré de fauche), avec un cahier des charges respectueux du patrimoine naturel.



Les grèves très peu végétalisées abritent une faune et une flore spécialisées et rares.

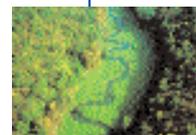
MESURES AGRI-ENVIRONNEMENTALES^{A31}

Dans le val d'Allier bourbonnais, une opération locale a été mise en place afin de ralentir la disparition des milieux ouverts par abandon ou intensification. Elle offre aux agriculteurs deux types de contrats. Sur les landes inondables, l'agriculteur s'engage à faire pâturer par des bovins, ovins ou chevaux, entre le 1^{er} mars et le 1^{er} novembre, avec un char-





BASSE VALLÉE DE L'ALLIER



gement de 0,6 à 1,2 UGB. Sur les prairies bocagères, l'agriculteur s'engage à ne pas retourner le terrain. Cette opération a connu un vif succès : 45 contrats signés, pour 889 ha. Elle a ensuite été étendue au nord de Moulins.

RESTAURATION DE CARRIÈRES⁴¹⁶

Près du bec d'Allier, 5 anciennes sablières ont été réhabilitées, après un choix basé sur une évaluation des priorités. Les techniques de restauration sont classiques : diversification des profils des berges, création de berges en pente douce, liaison de plans d'eau, création de hauts-fonds, nettoyage de décharges sauvages... Dans chaque cas, est mis en place un programme d'organisation des activités, de façon à concilier préservation de la nature et accueil du public : répartition des activités, rationalisation des accès, développement des activités de découverte...

ANIMATIONS ET COMMUNICATION⁴³³

Le projet LIFE a été accompagné par un fort volet portant sur la sensibilisation du public. Il s'agissait d'actions classiques telles que sorties pédagogiques, sentiers de découverte ou expositions, mais aussi d'opérations visant à renouer le lien entre la rivière et ses riverains : veillées avec des « gens de Loire », fête de la Loire (embarcations traditionnelles), ou à faire connaître un fonctionnement et un patrimoine complexes : diffusion d'un jeu des sept familles de la Loire, création d'un puzzle sur la dynamique fluviale...

BILAN

La préservation du patrimoine de l'Allier est de mieux en mieux assuré. Le programme LIFE a constitué une initiative forte, permettant d'expérimenter des techniques et de sensibiliser les acteurs et riverains. Ce type de programme souffre souvent d'un problème de pérennisation, car l'aide européenne ne porte que sur une durée limitée. Dans ce cas, l'existence du Plan Loire Grandeur Nature permet d'être optimiste sur l'avenir de ces initiatives.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Jean C. (sous la direction de), 1998. Loire Nature. Recueil d'expériences. Les actions les plus marquantes du programme Loire Nature. 1993-1998. LIFE, Ministère de l'environnement, Espaces naturels de France, WWF, Agence de l'eau Loire-Bretagne, 152p.

ADRESSES UTILES

Équipe pluridisciplinaire d'assistance aux maîtres d'ouvrage, Plan Loire Grandeur Nature. Agence de l'eau Loire-Bretagne, BP 6339, 45063 Orléans CEDEX 2. Tél. : 0238691828, fax : 0238693802.

Espaces Naturels de France, 32 boulevard Alexandre Martin, 45000 Orléans. Tél. : 0238770283, fax : 0238810655.

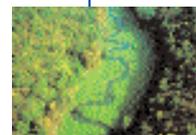
WWF Bec d'Allier, quai des Mariniers, 58000 Nevers. Tél./fax : 0386612524.

Conservatoire des espaces et paysages d'Auvergne, Moulin de la Croûte, rue Léon Versepuy, 63200 Riom. Tél. : 0473631827, fax : 0473640473.





BASSES VALLÉES ANGEVINES (49)



Un exemple de programme d'acquisitions foncières associé à des mesures agri-environnementales. Zone humide concernée : ZH3.

PRÉSENTATION

Les Basses Vallées Angevines sont formées au nord d'Angers par l'Île de Saint-Aubin et les vallées inondables de la Mayenne, de la Sarthe et du Loir, et au sud d'Angers par les prairies inondables de la Maine jusqu'à la confluence de la Loire.

Ce sont de vastes étendues constituées essentiellement de prairies alluviales naturelles inondables. La topographie, très plane, ainsi que l'importance du réseau hydraulique font d'elles des écosystèmes semi-aquatiques avec des temps de submersions allant jusqu'à 200 jours par an. Ces écosystèmes très riches sur le plan écologique, ont été préservés au cours du temps grâce à la perpétuation d'un mode de culture traditionnel de pâturage et de fauche.

Bassin : Loire-Bretagne

Région : Pays de la Loire

Départements : Maine-et-Loire

Surface : 7000 ha



USAGES

Agriculture : la présence quasi-permanence d'eau due aux crues s'oppose à toute urbanisation et agriculture intensive. Les Basses Vallées Angevines sont donc essentiellement vouées à une agriculture traditionnelle. Le pâturage et la fauche y sont les pratiques dominantes.



Photo L. Marnin

Chasse et pêche : la chasse reste très restreinte ; quant à la pêche elle est interdite (Réserve de pêche), en raison notamment des fortes aptitudes de ces zones humides pour la reproduction du brochet.

FONCTIONS

CRUES

Ces prairies alluviales jouent un rôle très important pour l'expansion de crues⁶¹ (confluence avec la Loire) elles permettent de recharger les nappes⁶² et épurent les eaux (rétention de nutriments⁶³, de toxiques⁶⁴, et de matières en suspension⁶⁷).

BIODIVERSITÉ⁶⁸

Cet ensemble de prairies inondables constitue un milieu relictuel devenu très rare en France voire en Europe. On y trouve de nombreuses espèces animales et végétales rares et menacées : prairies à Gratiolle officinale et Cenanthe fistuleuse renfermant des espèces protégées à l'échelon national ou régional (Gratiolle officinale, Inule Britannique...), Rôle des genêts, etc.

C'est aussi une zone de halte migratoire pour de nombreux Limicoles et Anatidés et une vaste frayère pour les brochets. Cette richesse écologique lui a valu d'être classée ZNIEFF de type I, ZICO, site Ramsar* et d'être inscrite dans le réseau Natura 2000.

ATTEINTES

Abaissement de la ligne d'eau en Loire⁶⁶. L'enfoncement du lit de la Loire depuis plusieurs dizaines d'années a eu de graves incidences sur l'inondabilité de ces prairies, car c'est un facteur déterminant pour le maintien de leurs fonctions





hydrauliques et épuratoires et leur diversité écologique.

Obstacles : les ouvrages hydrauliques qui possèdent pour la plupart des clapets anti-refoulements destinés à accélérer l'exondation des terres limitaient la reproduction des brochets.

Déprise agricole : l'absence d'entretien des parcelles risque de favoriser la fermeture du milieu et d'entraîner son évolution dynamique vers la friche alluviale, voire l'embroussaillage⁶⁸.

la Populiculture : l'extension des plantations de peupliers qui couvrent 10 % de la surface des Basses Vallées Angevines menace la biodiversité* et le paysage.

Fauches trop précoces : lorsque les fauches ont lieu trop tôt, les jeunes Râles des gânets ne sachant pas encore voler sont tués.

ACTIONS

Un programme d'actions LIFE nommé Loire Nature a été lancé par Espace Naturel de France avec pour maître d'œuvre la LPO (Ligue pour la protection des oiseaux). Les actions menées ou à mener portent sur plusieurs domaines.

GESTION HYDRAULIQUE⁵²

La gestion des ouvrages hydrauliques est rendue particulièrement complexe du fait de l'hétérogénéité des statuts fonciers des espaces concernés. Les opérateurs du programme Loire Nature visent donc à créer un syndicat de gestion hydraulique des Basses Vallées Angevines.

PROGRAMME D'ACQUISITION FONCIÈRE

Dans le but de préserver la population de Râle des gânets, menacée par l'abandon des prairies, l'extension de la populiculture et les fauches trop précoces, la LPO a mis en œuvre un programme d'acquisition foncière. Elle est actuellement propriétaire de 335 ha de terrains, loués à des agriculteurs locaux pour la production de foin. Pour accompagner ces mesures d'acquisition foncière, des mesures agro-environnementales ont aussi été mises en place⁵¹.

PLUSIEURS CONTRATS ONT ÉTÉ PROPOSÉS

Contrat de type I : Pâturage extensif avec 250 F/ha

Contrat de type II : Fauche autorisée à partir dès le 20 juin avec une prime de 800 F/ha

Contrat de type III : Fauche autorisée à partir du 10 juillet avec une prime de 1 100 F/ha

Contrat de type IV : Fauche autorisée à partir du 20 juillet

avec une prime de 1 400 F/ha.

Parallèlement à ces mesures, la LPO mène diverses actions : Nouvelle technique de fauche : grâce à des campagnes d'information, la LPO tend à promouvoir une nouvelle technique de fauche : « la fauche sympa ». C'est un mode de fauche centrifuge qui part du centre pour terminer vers l'extérieur. Il permet au famille de Râle de gânets de s'enfuir vers les bordures.

Sauvetage des Râles durant les fauches : une équipe de la LPO intervient à la demande des agriculteurs pour repérer les râles et les sauver soit en les éloignant, en les capturant ou en les faisant fuir.

Réglementation des plantations de peupliers : la LPO a engagé en 1990 des démarches auprès des administrations pour interdire les nouveaux boisements de peupliers. Ces démarches ont permis d'aboutir à l'établissement d'un zonage des boisements garantissant la préservation des milieux les plus riches :

- interdiction de plantation sur 50 % de la surface des Basses Vallées Angevines (3 530 ha),
- réglementation des plantations sur 25 % de la surface (1 678 ha),
- zone libre à la plantation représentant 25 % de la surface (1 652 ha).

Malheureusement cette protection n'est que temporaire.

BILAN

Le bilan des actions menées par la LPO est encourageant puisque sur les 335 ha de terrains acquis, 210 ha ont bénéficié d'un contrat de type 2 ou 3 et 140 ha de prairie bénéficient de conventions de fauches tardives. Grâce à cela, la population de Râle des gânets a augmenté de façon significative puisqu'elle est passée de 330 chanteurs à plus de 450 chanteurs en 1997.

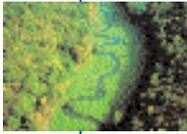
La LPO souhaite cependant renforcer certaines mesures qui lui paraissent insuffisantes, notamment au niveau de la réglementation des plantations de boisement où elle œuvre pour une avancée réglementaire au niveau national, qui protégerait les prairies de façon pérenne.

Le programme mené par la LPO a aussi permis une très forte sensibilisation de tous les acteurs, à présent convaincus de l'importance de préserver les Basses Vallées Angevines tant pour leur valeur patrimoniale que pour leurs fonctions vis-à-vis de la ressource en eau.





BASSES VALLÉES ANGEVINES (49)



POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Loire Nature, 1993-1998. Recueil d'expérience, Les actions les plus marquantes du programme.

LPO, octobre 1995. État de fonctionnement hydraulique des Basses Vallées Angevines.

LPO, décembre 1995. Flore et végétation des Basses Vallées Angevines.

Champion E., Daudon M., Mourgaud G., décembre 1995. Plan de gestion des espaces naturels de la LPO en Jasses Vallées Angevines.

Janvier 1994. Flore et végétation des Basses Vallées Angevines – Effets des divers modes d'utilisation du milieu.

CONTACTS

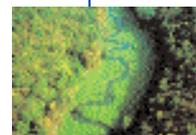
LPO (Ligue pour la protection des oiseaux), Corderie Royale, BP 263, 17 305 Rochefort sur Mer CEDEX.
Tél. : 0546821234, fax. : 0546839586

Espaces Naturels de France, 6 rue Jeanne d'Arc, 45000 Orléans, Tél. : 0238245500, Fax : 0238245501





BARTHES DE L'ADOUR



Un exemple de vallée inondable. Zones humides concernées : ZH4, ZH5

PRÉSENTATION

Les Barthes sont constituées par un ensemble de plaines alluviales réparties sur 80 kilomètres le long de l'Adour (et de ses affluents Gaves réunis et Luys), de Dax à Bayonne.

Cette plaine est couverte à 50 % par des boisements (chêne pédonculé, peupleraie), à 30 % par des prairies inondables et à 20 % par des labours.

Il s'agit d'un milieu aménagé depuis le XVII^e siècle par un réseau de fossés et de canaux de drainage permettant sa mise en valeur agricole. Du fait de cet aménagement et de la faiblesse de la pente, la rivière ne connaît pas de dynamique latérale (divagations). Par contre, le milieu est régulièrement inondé, pour différentes raisons : remontées de nappe, ruissellement en provenance des coteaux, remplissage par l'aval, débordement du fleuve...

Bassin : Adour-Garonne

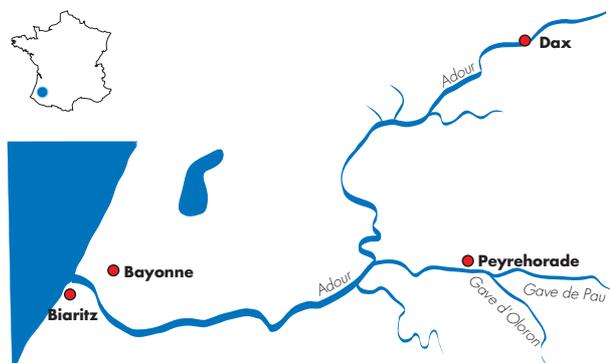
Région : Aquitaine

Départements : Landes (32 communes) et Pyrénées atlantiques

Surface : 10000 hectares dans les Landes

Maîtres d'ouvrage :

- mesures agri-environnementales : Syndicat intercommunal du Bas-Adour
- réserve de Saint-Martin-de-Seignanx : Fédération des chasseurs des Landes



USAGES ET FONCTIONS

Les Barthes constituent un espace de production forestière et agricole (élevage extensif), une zone de chasse au gibier d'eau et de loisirs-nature (découverte et observation des oiseaux migrateurs).



Réserve de Saint Martin de Seignanx

Cet espace assure des fonctions importantes :

- espace d'écrêtement des crues⁶¹,
- zone de rétention des MES (essentiellement dans les ripisylves*)⁶⁷,
- patrimoine biologique⁶⁸. Situées sur un axe migratoire majeur, les Barthes accueillent un grand nombre d'oiseaux d'eau en hiver et lors des passages. D'autres espèces rares telles que le vison ou la loutre sont présentes.



Les Barthes constituent une zone de stationnement des oies cendrées.

MENACES ET ATTEINTES

Les prairies inondables des Barthes constituent un milieu fragile, qui connaît actuellement une dégradation notable.

AMÉNAGEMENTS

Le non-entretien du réseau de fossés et canaux peut compromettre le fonctionnement hydraulique du site et la mise en pratique des règlements d'eau.





RETOURNEMENT DES PRAIRIES^{M8}

La superficie des prairies a diminué de 50 % au cours des 30 dernières années, au profit de la maïssiculture. Dans certains secteurs, l'abandon des prairies fauchées ou pâturées a favorisé leur boisement spontané.

ARTIFICIALISATION DES BOISEMENTS^{M8}

Les boisements artificiels (plantations de peupliers et chênes) se développent aux dépens des prairies ou des forêts naturelles, après drainage des parcelles.

ACTIONS

MESURES AGRI-ENVIRONNEMENTALES^{A31}

En 1993 a été mise en place une opération locale agri-environnementale sur l'ensemble du secteur. Ce projet possède deux objectifs :

- préserver le potentiel biologique et paysager des prairies humides permanentes des Barthes par le maintien de l'élevage extensif d'herbivores,
- conforter l'activité économique agricole des Barthes qui concilie tradition culturelle et entretien du milieu.

Quatre types de contrats ont été proposés aux agriculteurs :

- Limitation des fertilisations (<60 U NPK), entretien des haies (utilisation des débroussaillants soumise à autorisation) : 500 F/ha.
- Absence de fertilisation, débroussaillage mécaniquement, chargement minimal sur l'exploitation de 0,5 UGB/ha de surface fourragère : 800 F/ha.
- Mêmes contraintes que dans B, avec surface minimale de 15 ha d'un seul tenant, aménagements hydrauliques, mise en place d'un règlement d'eau : 1500 F/ha.
- reconversion de cultures en prairies : 1800 F/ha + prime du contrat A, B ou C (obligation de mise en place de l'un de ces types de contrats pour la gestion de la prairie reconstituée).

En outre, tous les contrats s'accompagnent de contraintes communes :

- maintien de la parcelle en prairie pendant 5 ans au moins,
- exploitation et entretien par fauche et/ou pâturage,
- interdiction d'utiliser herbicides ou pesticides,
- pas de création de nouveaux fossés,
- entretien des fossés existants.

Au total, 1926 ha de prairies ont été placées sous contrats, soit 61 % des surfaces éligibles. Comme le plus souvent dans ce type d'opération, les reconversions de cultures en prairies n'ont été réalisées que sur des surfaces limitées (77 ha).

Parallèlement à cette action à visée écologique ont été mises en place des actions d'accompagnement économique : aides à la restructuration des exploitations, aides à l'élevage, aides aux projets innovants...

Budget

Budget total : 13705000 F

- mesures agri-environnementales : 9,3 MF,
- mesures d'accompagnement pour l'agriculture : 2,60 MF,
- suivi (faune, flore, socio-économie) : 1 MF,
- Animation : 0,80 MF

Financement :

- État français + union européenne : 7,90 MF,
- conseil général : 5,50 MF,
- conseil régional : 0,26 MF.

Cette opération a été renouvelée pour la période 1999-2004.

LA RÉSERVE DE SAINT-MARTIN-DE-SEIGNANX^{A30}

Cette réserve de chasse s'étend sur 94 ha, dont 85 ont été acquis par la fondation nationale pour la protection des habitats français de la faune sauvage et la fédération des chasseurs des Landes. Le site est couvert par un arrêté préfectoral de protection de biotope*.

Cette Barthe très boisée et atterrie a fait l'objet de travaux importants :

- défrichage,
- création de plans d'eau permanents ou temporaires avec îlots,
- réalisation de chemins d'accès,
- aménagements hydrauliques : portes à clapets, seuils de contrôle,
- mise en place d'une structure d'accueil : mirador, panneau<x.

L'entretien du site est assuré par le pâturage (vaches et chevaux), et la fauche.

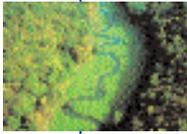
Enfin, des actions de pédagogie de l'environnement sont mises en place (animations scolaires, journées portes ouvertes...).

Sur le plan biologique, la restauration du site a constitué un succès, traduit par une forte augmentation de la diversité et des effectifs d'oiseaux migrateurs, et par la diversification de la flore.





BARTHES DE L'ADOUR



BILAN

Les actions entreprises ont répondu à leurs objectifs. On peut toutefois s'interroger sur la pérennité de ces mesures et regretter l'absence d'une gestion réellement globale.

La restauration du site

Budget total : 2,60 MF :

- fédération des chasseurs : 1 600 kF,
- fondation pour la protection des habitats : 427 kF,
- communauté européenne : 392 kF,
- ministère de l'environnement : 120 kF,
- société privée : 60 kF.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Collectif, 1998. Bilan de l'OGAF Élevage-Environnement Barthes de l'Adour 1993-1998.

Fédération des chasseurs des Landes, La réserve de Saint-Martin-de-Seignanx. 11 p.

CONTACTS

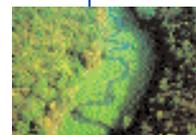
ADASEA des Landes, cité Galliane, 55 av. Cronstadt, 40000 Mont de Marsan. Tél. : 05 58 85 44 00, fax : 05 58 85 44 01

Conseil Général des Landes, 23 rue Victor Hugo, 40000 Mont de Marsan, Tél. : 05 58 05 40 40, fax : 05 58 05 41 41

Fédération Départementale des chasseurs des Landes, 151, av. Georges Clémenceau, 40100 Dax.



LES ÉTANGS DU BAS-ARMAGNAC (32)



Un exemple de programmes agri-environnementaux pour protéger la qualité de l'eau des étangs. Zone humide concernée : ZH8.

PRÉSENTATION

Le Bas-Armagnac est une zone humide tout à fait originale en raison de sa situation au niveau du partage des eaux des bassins de l'Adour et de la Garonne. Une multitude de sources et de ruisseaux découpent le paysage selon de nombreux bassins versants qui s'emboîtent les uns dans les autres, ce qui a permis depuis le moyen âge la création d'étangs, perpétués au cours des siècles.

Bassin : Adour-Garonne

Région : Midi-Pyrénées

Département : Gers



Surface : 2000 hectares

USAGES

Les étangs. Créés à l'origine pour la pisciculture, les usages se sont diversifiés récemment : irrigation, loisirs... Parmi les loisirs, la pêche et la chasse, du fait de la richesse biologique des étangs, sont des activités prédominantes.

Les abords. L'agriculture s'est considérablement développée et intensifiée. Elle est basée essentiellement sur la viticulture et les cultures irriguées.



Étang de l'Armagnac : Végétation de queue d'étang.

FONCTIONS

Atténuation des crues. Les étangs stockent les surplus d'eau, ce qui permet de limiter les crues en aval¹.

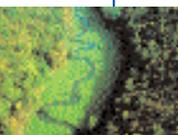
Régulation des nutriments*, toxiques et MES. La végétation aquatique très abondante absorbe les nutriments², les toxiques³ et retient les matières en suspension (rôle de peigne)⁷.

Biodiversité⁸. Le Bas-Armagnac constitue une zone humide aux proportions non négligeables présentant un héritage patrimonial et écologique très important, qui lui a valu d'être classé « zone verte » du SDAGE Adour-Garonne. On y trouve des espèces protégées tels la Cistude d'Europe, le héron pourpré et la Fritillaire Pintade.

ATTEINTES

La modification des pratiques agricoles risque de perturber l'équilibre des zones humides par :

- **des prélèvements excessifs⁹** dans les étangs pour l'irrigation, qui risque de déséquilibrer tout le milieu,
- **les pollutions¹⁰** dues aux fertilisants et aux produits phytosanitaires qui dégradent la qualité de l'eau des étangs,
- **le comblement¹¹** du fait des limons véhiculés par les fossés et les drains.



A cela s'ajoutent d'autres menaces comme la présence d'**espèces non autochtones**⁹⁸ (écrevisse de Louisiane, ragondin) susceptibles de bouleverser l'équilibre de l'étang. Enfin l'abandon de tout entretien met en péril les étangs conçus pour être régulièrement vidangés.

ACTIONS

La mise en place d'une stratégie valable supposait qu'un compromis entre agriculture intensive et protection des étangs soit trouvé. Pour cela, les gestionnaires les mieux placés semblaient être les Armagnacais eux-mêmes qui sont très attachés à ce patrimoine.

L'ADASEA (Association Départementale pour l'Aménagement des structures des exploitations Agricoles) du Gers a donc proposé une Opération Locale dans le cadre des programmes agri-environnementaux. Les objectifs de ces Opérations Locales sont :

- de limiter l'arrivée de « polluants » d'origine agricole dans les étangs par la baisse des apports sur les cultures et l'effet filtrant des bandes herbacées⁹²,
- de limiter l'érosion et le comblement des plans d'eau,
- d'établir une zone de tranquillité pour le développement de la végétation et l'accueil de la faune,
- de maintenir un milieu semi-ouvert pour éviter la dégradation et la disparition des étangs.

Pour cela, des contrats de cinq ans ont été proposés aux agriculteurs qui souhaitaient s'engager volontairement⁹¹. Ces contrats consistent en :

- une conversion des terres arables en herbage extensif pour les parcelles contiguës à l'étang,
- un entretien par la fauche ou le pâturage d'anciennes prairies permanentes,
- une désintensification des parcelles non contiguës à l'étang,
 - une réouverture du milieu.

Pour chaque contrat, une prime est octroyée, allant de 500 à 1990 F/ha/an (en fonction du contrat choisi).

S'ajoutent des opérations de suivis qui permettront d'évaluer les mesures mises en place :

- suivi de la qualité de l'eau,
- suivi écologique (flore, faune),
- suivi socio-économique (profil et motivations des agriculteurs contractants, itinéraires culturaux...).

Ainsi que des actions de restauration : reprise de digues éventrées, réalisation de déversoirs de crues.

Enfin, cinq sites du Bas-Armagnac ont été proposés dans le cadre du réseau Natura 2000.

Le budget de l'opération

Financement des opérations locales : 6512800 F

Suivis des opérations : 780000 F pour 1997 et 1998,
500000 F pour 1999 et 2000

BILAN

Le bilan de ces actions dans le Bas-Armagnac est tout à fait positif puisque :

- 110 exploitations agricoles se sont engagées dans la maîtrise des intrants sur 1733 hectares de bassin versant*, pour protéger 75 étangs.
- 30 vieux étangs ont été réhabilités (réhabilitation écologique et aménagement piscicole) depuis le début des opérations.

Ainsi, il a été possible de conserver la diversité des milieux, et de préserver la qualité des eaux.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

ADOUR-GARONNE, Revue de l'agence de l'eau, n° 75, hiver/printemps 99.

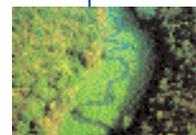
CONTACTS

ADASEA, Maison de l'agriculture, route de Mirande – BP 161 – 32003 AUCH CEDEX. Tél. : 05 62 61 79 50, fax : 05 62 05 80 84.





RIED DU RHIN : LE BREITSANDGIESSEN (67)



Un exemple de renaturation réussie d'un bras secondaire du Rhin. Zone humide concernée : ZH 6.

PRÉSENTATION

Le Breitsandgiessen est un ancien bras du Rhin qui se situe au sud de Strasbourg, entre Rhinau (67) et Daubensand (67), dans la forêt domaniale de Daubensand. Alimenté en eau phréatique de bonne qualité, il se caractérise par une quasi inexistence de courant d'eau puisque ses relations avec le Rhin ont été totalement interrompues par la pose de digues dans les années soixante. Un certain nombre de secteurs se sont totalement atterris et n'existent plus que par la présence d'une faible dépression ou quelques flaques par endroit. Ceci dans un réseau de bras secondaire jadis très dense.

Bassin : Rhin-Meuse

Région : Alsace

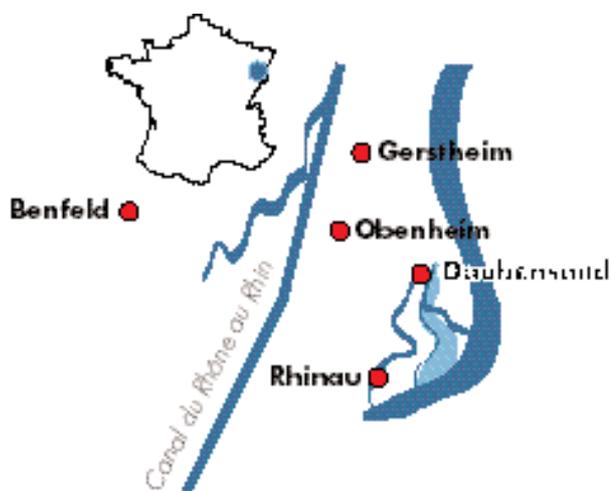
Département : Bas-Rhin

Tronçon : entre Daubensand et Rhinau

Forêt : forêt domaniale de Daubensand

Bras : Breitsandgiessen

Longueur du bras : 1 600 m



USAGES

Pêche. Les anciens bras du Rhin constituaient, des zones de frai et de croissance des alevins de saumons avant les aménagements (endiguements, barrages, etc.).

Intérêt paysager. Il participe à la qualité des forêts et propose une grande diversité d'habitat et une grande richesse biologique.



La Robertsau

Exploitation forestière

FONCTIONS

Autoépuration^{ES, FA, F7}, alimentation en eau de la nappe à travers les interfaces eau souterraine-eau de surface (sédiments) et la végétation rivulaire*.

Biodiversité^{ES}. Une partie importante de ce massif forestier a été dégradée mais il reste néanmoins d'une richesse floristique et faunistique la plus élevée recensée dans cette zone et une des plus élevées des rives du Rhin (importance de soumettre cet ancien bras de la forêt rhénane à une gestion et une conservation active).

ATTEINTES

Canalisation, endiguement^{MS}. Entre 1830 et 1930, le Rhin a été endigué puis canalisé afin d'assurer une protection permanente contre les crues, d'améliorer les conditions de navigation et d'exploiter l'énergie hydroélectrique. Ces aménagements, pour la plupart irréversibles, ont causés de forts dommages au milieu et ont eu de nombreuses conséquences :

- déconnexion hydraulique des bras du Rhin au fleuve^{MS},
- suppression de la submersibilité,
- diminution de l'effet d'écrêtement du fait de la suppression de toutes possibilités d'inondation,
- diminution de la hauteur et des variations de la nappe,
- colmatage du lit^{MS},
- isolement des écosystèmes rhénans qui risquent à terme de perdre leur caractère original et leur diversité exceptionnelle,
- suppression de la capacité autoépuration du bras.

Le rôle fonctionnel vis-à-vis de la ressource en eau ainsi que le rôle patrimonial ont donc été fortement altérés.





Photo: J. W. Minier

Le Rhin

ACTIONS

Dans le cadre du Programme d'Action pour le Rhin (PAR), fixé par les ministres compétents pour le Rhin et le Commissaire de la Communauté Européenne en 1987, il a été décidé ceci : « l'écosystème du Rhin doit retrouver un état tel qu'il soit possible aux espèces supérieures, jadis présentes dans le Rhin mais aujourd'hui disparues, de se réimplanter dans ce grand fleuve européen ».

Un inventaire a été réalisé par l'ensemble des partenaires impliqués, pour définir les priorités d'actions de renaturation.

A la suite de ces inventaires, des opérations de renaturation ont été menées avec la volonté de restaurer le milieu tout en conservant ses caractéristiques initiales.

En ce qui concerne le Breitsandgiessen, les objectifs de renaturation ont été les suivants :

- restituer les connexions entre le Breitsandgiessen et le contre canal de drainage du Rhin, alimenté directement par le Rhin quelques centaines de mètres à l'amont,
- reconstituer et recréer des linéaires conséquents avec une diversité maximum des profils en long et en travers,
- favoriser l'entretien naturel des fonds en jouant sur le débit⁵⁴,
- permettre la libre circulation de la faune et de l'eau sur l'ensemble du Breitsandgiessen,
- améliorer la qualité des eaux superficielles par autoépuration* naturelle⁵⁵.

Afin d'atteindre ces objectifs, les actions ont été les suivantes.

REMISE EN EAU DU BREITSANDGIESSSEN⁵⁶

Il s'agit d'aménager une prise d'eau dans le contre canal de drainage du Rhin. Cette prise d'eau a été équipée de rai-

nures à batardeau pour permettre d'isoler le bras en cas de pollution et d'éventuellement réguler les débits. Ce travail fin a permis la recréation complète de plusieurs kilomètres de rivières.

Des passages busés à bases rectangulaires (pour un meilleur écoulement) ont été utilisés pour le passage des routes traversant le Breitsandgiessen.

Une partie de la digue des hautes eaux, qui n'assure plus sa fonction de retenue d'eau depuis la canalisation du Rhin, a été déblayée et creusée jusqu'à la cote nécessaire pour l'écoulement du Breitsandgiessen.

Sur le Rhin lui-même, il s'agit de la reconnection, voire la reindation de dizaine de bras et massifs forestiers.

REPROFILAGE DES BRAS EXISTANTS

Le Breitsandgiessen envasé a été reprofilé à l'aide d'engins appropriés. Un profil théorique a été reconstitué présentant des irrégularités suivant la topographie du terrain. Dans la partie aval du Breitsandgiessen, où subsistent quelques secteurs à roseaux, le reprofilage a été étudié de façon à préserver ces zones.

Le lit a été nettoyé et les embâcles* empêchant la circulation de l'eau ont été enlevés mais les bois morts ont été conservés.

RÉALISATION DE JONCTIONS NOUVELLES⁵⁴

Creusement d'un nouveau lit. Un nouveau lit de 100 m, passant sous une route a été creusé entre le contre canal de drainage et l'ancien bras du Breitsandgiessen.

Aménagement de dépressions. Des dépressions existantes, originaires du Breitsandgiessen, ont été reliées entre elles pour rejoindre le lit du bras existant. Les sinuosités ont été, dans l'ensemble, préservées pour garder un caractère naturel au tracé.

Jonction entre la digue des hautes eaux et l'Eichelrhein.

Elle a été aménagée sur une longueur de 100 m avec une liaison à un fossé drainant existant en parallèle du Eichelrhein.

Cette zone a du faire l'objet d'un essouchage et une partie de la végétation, très dense à cet endroit, a été enlevée.

RESTAURATION FORESTIÈRE⁵⁵

Celle-ci a pour but de « cicatriser » le milieu naturel et d'assurer un bon fonctionnement ultérieur du cours d'eau.

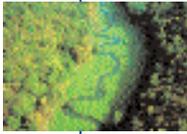
Débroussaillage sélectif : pour éviter l'envahissement des berges.

Tronçonnage sélectif : pour limiter les risques d'embâcles*





RIED DU RHIN : LE BREITSANDGIESSEN (67)



et aménager des zones d'ombre et de lumière le long du cours d'eau.

Plantations et repiquages : ils permettent la stabilisation des berges, la création de zones ombragées et l'accueil de la faune. Les essences seront choisies pour leur appartenance au milieu forestier fluvial rhénan.

Le coût total de ces opérations a été estimé à 2800000 F TTC.

BILAN

Le Breitsandgiessen est devenu un bras secondaire actif puisque les travaux se sont achevés au cours de l'automne 98. Cette volonté de renaturation du milieu, bien que contraignante et coûteuse, devrait lui permettre de retrouver son fonctionnement originel grâce à :

- un développement appréciable du milieu naturel par l'apport d'eau,
- l'amélioration de la qualité des eaux par autoépuration*,
- et l'augmentation de la biodiversité* faunistique et floristique.

Pour évaluer l'évolution du milieu et l'efficacité des actions de renaturation, des dispositifs de suivis vont être mis en place, notamment :

- des suivis de la topographie du site⁵¹,
- des suivis biologiques⁵²,
- des suivis hydrobiologiques⁵³.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Gartner K., 1995. Inventaire des opérations de restauration des anciens bras du Rhin, Mémoire de fin d'étude d'ingénieur agronome.

Service de la Navigation de Strasbourg. Note technique sur « commune de Rhinau, Restauration du Breitsandgiessen ».

CONTACTS

M. Goetghebeur, Agence de l'eau Rhin-Meuse, « Le Longeau », route de Lessy, Rozérieulles, BP 30019, 57161 Moulins-Lès-Metz CEDEX. Tél. : 0387 344700, fax : 0387 604985.

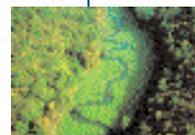
Service de la Navigation de Strasbourg.





VALLÉE ALLUVIALE DE LA MOSELLE

(54 ET 88)



Un exemple de maîtrise foncière pour restaurer ou conserver le fuseau de mobilité de la rivière. Zone humide concernée : ZH3.

PRÉSENTATION

La vallée alluviale de la Moselle, dans sa partie comprise entre Chamagne (Vosges) et Bayon (Meurthe-et-Moselle), est une des rares rivières à dynamique fluviale à caractère sub-montagnard présentes dans l'est et le nord de la France. La divagation active de son lit mineur permet la création d'une mosaïque de milieux très diversifiés, en permanente évolution, qui font d'elle une zone très riche sur le plan écologique et fonctionnelle.

Bassin : Rhin-Meuse

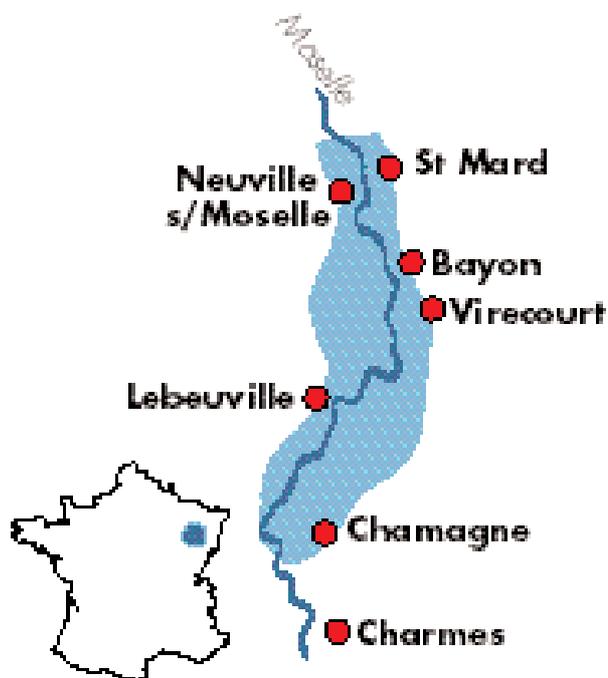
Région : Lorraine

Départements : Meurthe-et-Moselle, Vosges

Tronçon : compris entre Chamagne et Neuwilliers

Fleuve : Moselle

Surface : 15 km²

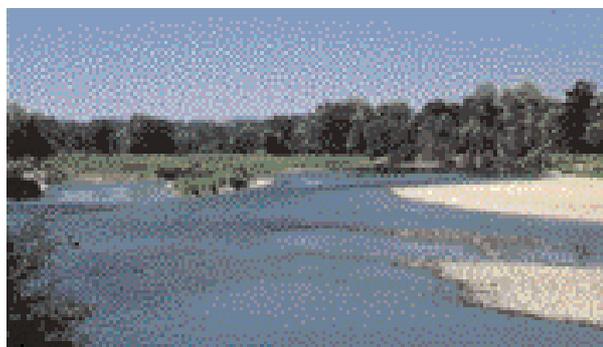


USAGES

Alimentation en eau potable. La nappe alluviale est utilisée pour l'alimentation en eau de 123 communes, soit 70000 habitants sur le site lui-même; elle constitue également la

seule ressource potentielle importante et exploitable sur le secteur. Au delà (jusqu'à Flavigny), cette portion de Moselle participe à l'alimentation de plusieurs centaines de milliers d'habitations (nappe et surface).

Agriculture. Il s'agit d'une agriculture à caractère extensif (élevage principalement) donc à impact négligeable.



La Moselle

FONCTIONS

Cette vallée alluviale participe à la recharge de la nappe^{F3}, du débit solide^{F4} et à l'épuration des eaux^{F5, F6, F7}. Sa richesse au niveau faunistique et floristique^{F8} lui a valu d'être classée ZNIEFF de classe I et II, ZICO, et inscrite dans le réseau Natura 2000 avec notamment, quelques espèces remarquables : la gnaphale jaunâtre, l'hipolais ictérine, le castor...

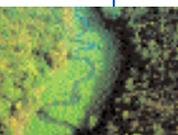
La vallée alluviale de la Moselle possède encore une dynamique fluviale importante : l'espace de liberté (= fuseau de mobilité) du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux (selon les endroits considérés) assurent des translations latérales, permet la mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement des écosystèmes aquatiques terrestres.

L'intérêt que suscite la plaine alluviale de la Moselle, tant sur le plan écologique que sur celui de la ressource en eau, lui a permis de figurer dans les programmes de protection VANEF (vallées alluviales du nord et de l'est de la France), programme ACNAT (Action Communautaire pour la Nature)-LIFE, mise en œuvre par Espaces Naturels de France et financé par la Commission des Communautés Européennes.

ATTEINTES

Le projet de sauvegarde de la vallée de la Moselle a pour but d'anticiper les atteintes qui pourraient se manifester.





Les principales menaces sont les projets d'exploitation des ressources alluvionnaires^{m7}. Ces exploitations engendrent une dégradation du fuseau de mobilité en créant des points « durs » incompatibles avec la mobilité du cours d'eau. C'est toute la dynamique fluviale qui est alors modifiée. Les fonctions associées aux zones humides de la vallée alluviale sont alors atteintes, le cours d'eau menace de s'enfoncer, l'équilibre érosion/sédimentation est rompu^{m8}.

Les constructions « en durs » sur le lit majeur ont suscité des travaux importants de maîtrise des crues^{m6} qui pourraient induire de nouvelles possibilités d'exploitation, en particulier pour l'agriculture intensive et réduisent d'autant plus la mobilité du cours d'eau.

ACTIONS

Pour garantir la protection durable du patrimoine naturel et de la ressource en eau, le Conservatoire des Sites Lorrains a donc élaboré un programme de sauvegarde, soutenu techniquement et financièrement par l'Agence de l'eau, les Conseils généraux de Meurthe-et-Moselle et des Vosges, la Région Lorraine, l'État et l'Europe. Les objectifs de ce programme sont les suivants.

MAÎTRISE FONCIÈRE

Acquisition de 410 ha par des baux emphytéotiques. Ces baux sont d'une durée au moins égale à 50 ans, et sont rétribués sur la base d'une valeur locative. Le Conservatoire des Sites Lorrains en est tributaire.

Cette acquisition permet une préservation intégrale de la zone contre tout usage abusif et une atteinte au fuseau de mobilité^{a1}. Aucun compromis d'usage n'est possible dans cette zone de forte dynamique fluviale.

PROTECTIONS RÉGLEMENTAIRES^{a30}

Mise en place de protections réglementaires telles que des Arrêtés préfectoraux de Protection du Biotope* ou la création de Réserves Naturelles par exemple.

Ces mesures permettront la mise en valeur touristique de la vallée dans un cadre réglementaire défini.

GESTION DES ESPACES

Des plans de gestion spécifiques permettront de définir les modalités d'utilisation de l'espace selon le secteur. Ils définiront :

- les interventions biologiques pour maintenir ou améliorer l'intérêt écologique de la zone,
- les modalités de gestion agricole,
- les possibilités de valorisation pédagogique,

- les secteurs à aménager pour les activités touristiques.

SENSIBILISATION DU PUBLIC^{a33}

La mise en place d'une maison de la nature, ainsi que des aménagements harmonieux, accueillant le public permettront de valoriser le patrimoine naturel et de favoriser des retombées économiques.

SUIVI SCIENTIFIQUE

Des suivis scientifiques seront prévus, pour permettre d'appréhender les évolutions du milieu et d'adapter les opérations de gestion.

Le coût total des opérations est estimé à 18 MF.

BILAN

Les opérations de maîtrise foncière sont terminées avec au total l'acquisition de 439 ha (au lieu des 410 ha prévus) et des baux emphytéotiques allant de 70 à 95 ans. Le conservatoire des sites en est le gestionnaire.

Quant au projet de création d'une maison de la nature, il est en cours de réflexion.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Conservatoire des Sites Lorrains, juin 1993. Programme de sauvegarde de la vallée alluviale de la Moselle.

Agence de l'eau Rhin-Meuse, DDAF de la Meuse, 1991. La nappe alluviale de la Moselle : un patrimoine pour le département.

Hydratec, Malavoi JR, Ecolor, 1999. Définition des fuseaux de mobilité fonctionnels sur les cours d'eau du bassin Rhin-Meuse.

CONTACTS

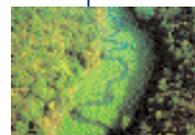
M. Goetghebeur, Agence de l'Eau Rhin Meuse, « Le Longeau », route de Lessy, Rozérieulles, BP 30019 57161 Moulins-Lès-Metz CEDEX. Tél. : 0387 344700, fax : 0387 604985.

Conservatoire des Sites de Lorraine, 7, place Albert Schweitzer, 57930 Fénétrange, Tél. : 0387 030090.





LAC DU DER



Un exemple de zones humides dans un plan d'eau de régulation des crues. Zone humide concernée : ZH10.

PRÉSENTATION

Le lac du Der, de son autre nom le réservoir Marne, est le plus vaste plan d'eau artificiel d'Europe occidentale; il représente 4800 hectares et un volume d'eau de 350 millions de m³.

Ce plan d'eau a été créé en 1974 sur un territoire occupé par des forêts, des étangs, des zones agricoles et trois villages (300 habitants déplacés).

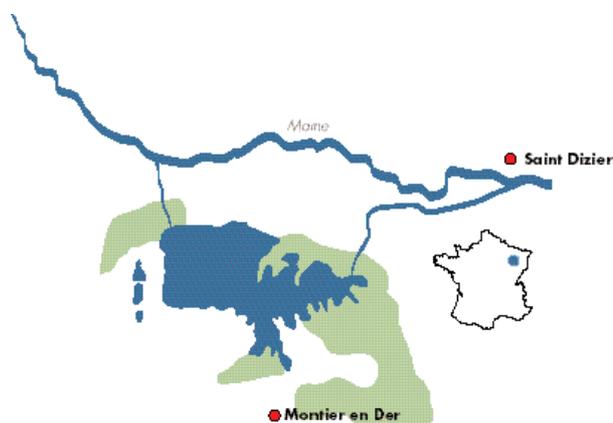
Il est alimenté par les eaux de la Marne et de son affluent la Blaise.

Bassin : Seine

Région : Champagne-Ardennes

Départements : Marne, Haute-Marne

Surface : 4800 ha de lac (70 km de berges)



USAGES ET FONCTIONS

Le lac du Der constitue l'un des éléments du système de **régulation des débits** des cours d'eau du bassin de la Seine. L'Institution Interdépartementale des barrages-réservoirs du bassin de la Seine a créé différents barrages-réservoirs sur la Marne (Der), la Seine (lac de la Forêt d'Orient, 2300 ha), et l'Aube (lac d'Amance 490 ha, lac du Temple 1830 ha).

Entre décembre à juin, le lac joue le rôle de bassin de rétention des crues¹, permettant un écrêtement (jusqu'à 375 m³/s) des débits de la Marne. Entre juillet et octobre, 90 % du volume du lac du Der est restitué à la Marne afin d'en relever l'étiage².



Photo J.-L. Michéris

Le lac du Der possède de vastes zones humides : vasières, roselières...

Outre cette fonction majeure, ce site a rapidement acquis d'autres vocations.

Sur le plan du **patrimoine naturel**[®], il représente une richesse remarquable.

Le site joue un rôle très important pour les oiseaux : 60000 des 80000 grues cendrées d'Europe occidentale transitent ou hivernent; environ 20000 oiseaux d'eau (canards, fouques...) passent l'hiver. Du fait de ses caractères particuliers, le lac accueille de nombreuses espèces très rares en France (pygargue à queue blanche, oies, canards marins...).

Les vasières qui apparaissent durant l'été et l'automne permettent le développement d'une flore spécifique comportant de nombreuses espèces peu communes.

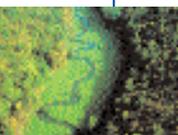
Le lac et ses abords sont classés en réserve nationale de chasse, gérée par l'Office national de la Chasse.



Photo J.-L. Michéris

En automne, le lac est vidé afin de jouer un rôle de stockage des crues de la Marne.





Le lac est également valorisé sur le plan des **loisirs**, par le Syndicat mixte pour l'aménagement touristique du lac de Der-Chantecoq. Deux parties du lac (165 et 250 ha) ont été aménagées de façon à conserver un niveau d'eau maximal en été, favorable aux loisirs nautiques. Des équipements lourds ont été réalisés par endroits : immobilier, ports, campings...

Les activités pratiquées sont très diverses : baignade, voile, moto-nautisme, pêche, vélo sur les berges... On estime la fréquentation totale à 800 000 visiteurs par an.

La richesse ornithologique fait du lac un des seuls vrais sites français de tourisme ornithologique, avec 100 000 visiteurs par an.

MENACES, ATTEINTES

IMPACTS DE L'AMÉNAGEMENT^{MS}

Les travaux ont causé une transformation considérable du milieu, avec disparition de sites naturels de valeur.

L'aménagement entraîne également des impacts sur le fonctionnement de l'hydrosystème Seine. La diminution des inondations, très souhaitable pour les activités humaines, a provoqué une modification des milieux naturels, avec par exemple la régression des frayères de brochets.

CONTRAINTES BIOLOGIQUES

Le très fort marnage* du lac enlève une bonne partie des possibilités de développement de la végétation palustre et de nidification des oiseaux d'eau.

La qualité des eaux est médiocre du fait de l'eutrophisation^{MI} et de la présence de rejets polluants.

COMPATIBILITÉS ENTRE FONCTIONS

Certains conflits d'intérêts peuvent être relevés. Les loisirs nautiques entraînent un dérangement de l'avifaune. Les grues cendrées provoquent des dégâts dans les champs.

ACTIONS

La superficie du plan d'eau permet un partage de l'espace entre ses fonctions, ce qui limite naturellement les conflits : réserve de chasse interdite au public, plans d'eau spécifiques aux loisirs...

Au delà de ce cadre favorable, différentes actions ont été menées afin d'optimiser la gestion du site.

Des **protections** et labels ont été mis en place^{ASO} : réserve nationale de chasse, arrêté de protection de biotope*, ins-

cription au titre de la convention de Ramsar* pour les zones humides... En marge du lac, des étangs ont été acquis par le conservatoire du littoral.

Une **concertation** a été mise en place entre les partenaires impliqués : institution, syndicat mixte, ONC... Par exemple, la gestion des digues a été modifiée à la demande du conservatoire du patrimoine naturel de Champagne-Ardennes, de façon à être plus intéressante écologiquement (fauche tardive).

Une exploitation agricole (la Ferme aux Grues) a été acquise et est gérée pour limiter les dégâts des grues (apport de nourriture pour fixer les oiseaux).

Quelques actions de **génie écologique** ont été entreprises. Des radeaux ont été implantés ; ils permettent désormais la reproduction des sternes pierregarins.

La **pédagogie de l'environnement**^{AS2, AS3} se développe vis-à-vis de l'ensemble du public : mise en place d'observatoires, publications, création de la maison de l'oiseau et du poisson.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Anonyme, 1979. Les zones humides. Compte-rendu du stage européen sur l'écologie appliquée aux zones humides. La Documentation Française, 141 p.

Martin C., 1998. Suivi écologique des lacs-réservoirs de Champagne, 1993-1997. IIBRBS, 235 p.

Mouronval J.-B., 1999. La réserve du lac du Der-Chantecoq et des étangs d'Ouines et d'Arrigny. ONC, Grands Lacs de Seine, Conservatoire du littoral. 32 p.

CONTACTS

Institution Interdépartementale des barrages-réservoirs du bassin de la Seine. 8 rue Villiot, 75012 Paris.

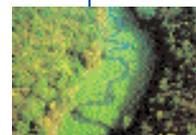
Syndicat Mixte pour l'aménagement touristique du lac du Der-Chantecoq.

Office National de la Chasse, gestionnaire de la réserve. 1, place Exelmans, 55000 Bar le Duc. Tél. : 0329796879





LA BASSÉE (77)



Un exemple d'utilisation d'outils juridiques et d'acquisition foncières pour préserver le patrimoine naturel et la ressource en eau. Zones humides concernées : ZH4, ZH5, ZH6



Photo : J.Ph. Siblet

Une ripisylve très développée.

PRÉSENTATION

Située à 80 km en amont de Paris, la Bassée correspond à la plaine alluviale de la Seine.

Délimitée à l'ouest par la ville de Montereau et à l'est par la confluence avec l'Aube, elle constitue une zone naturelle d'expansion des crues de la Seine, dont elle atténue les effets en aval. Elle recèle un potentiel de ressource en eau très important et de très bonne qualité, et ceci à proximité de la région Île-de-France. C'est aussi la zone humide la plus importante de la vallée de la Seine et de la région Île-de-France. Elle est d'intérêt majeur parmi les 87 zones identifiées au niveau national.

Bassin : Seine

Région : Île-de-France

Département : Aube, Seine et Marne

Surface : 20000 ha dont 6500 de zones humides



USAGES

AGRICULTURE

Depuis les travaux de maîtrise du débit de la Seine et la modernisation de l'agriculture, la production agricole a connu un essor important. Ainsi la céréaliculture s'est développée alors que les activités d'élevage ont presque disparu. Cette intensification de l'agriculture a considérablement modifié le paysage de la Bassée. Forêt alluviale, et prairie ont fait place à la culture de maïs. Ces terrains cultivés sont aujourd'hui en régression au profit des exploitations de carrières du fait de la qualité médiocre des sols alluviaux.

EXTRACTION DE GRANULATS

Cette activité s'est considérablement développée au détriment des zones humides naturelles (et notamment des prairies qui ont régressé de 90 % entre 1949 et 1997) et des terres agricoles depuis les années soixante. La Bassée constitue le siège principal des gisements alluvionnaires de l'Île-de-France. La surface exploitable est de plusieurs milliers d'hectares. La Seine-et-Marne produit 68 % du tonnage de sable et graviers de la région.



Photo : J.Ph. Siblet

La Bassée subit la forte pression de l'extraction de granulats.

RESSOURCE EN EAU POTABLE

La Bassée recèle en son sous-sol un gîte aquifère très important de bonne qualité et quasiment inexploité. On estime la quantité disponible à environ 500000 m³ par jour. Elle constitue la réserve d'eau régionale la plus importante d'Île-de-France.

AXE DE TRANSPORT

C'est un axe de transport par voie d'eau pour les matériaux extraits et les céréales.





LOISIRS

La Bassée est une zone de loisirs variés (pêche, chasse, promenades, sites naturels...) avec un patrimoine écologique, historique, culturel et archéologique intéressant.

FONCTIONS

ÉCRÊTEMENT DES CRUES^{F1}

La Bassée qui est la plus grande plaine inondable à l'amont de Paris constitue un vaste champ naturel d'expansion des crues. Ce site apporte un service « naturel » à la collectivité de par sa capacité de stockage (65 millions de m³) et sa superficie de débordement (5000 ha). Ainsi, du fait de ce fonctionnement en champ d'expansion, la « pointe » de crue est retardée et atténuée. En cas de destruction de cette capacité, on pourrait choisir soit de la remplacer par un barrage d'écêtement des crues, celui-ci représenterait un investissement de l'ordre de 600 millions à 2 milliards de francs (ce chiffre est obtenu à partir de données similaires et en faisant l'hypothèse que la collectivité choisisse de remplacer la capacité de stockage disparue).

ÉPURATION REMARQUABLE DE L'EAU^{F5, F6, F7}

La Bassée présente des capacités significatives de réduction des flux polluants (nitrates et pesticides essentiellement), du fait de l'activité biologique et de la saturation des sols en eau (cf. travaux de Mme Greiner de l'université Marie Curie). Elle intercepte et stocke une partie des matières en suspension (MES) des eaux de surface lors des débordements de crue, retient certains composés et élimine d'autres (dénitrification, biodégradation).

Une étude réalisée par AScA (Application des Sciences à l'Action) a estimé le coût que la collectivité serait amenée à payer en cas de suppression ou de dégradation de la fonc-

Dans le secteur de Romilly (vaste zone humide alluviale de 100 km² à l'amont de Nogent-sur-Seine), des relevés indiquent qu'un tronçon de rive de la Seine d'environ 100 m de long sur 80 m de large, avait stocké environ 40 kg de phosphore en trois mois de crues.

Dans ce type de zone humide, quelques dizaines de mètres de formations boisées peuvent suffire à piéger de 60 à plus de 95 % de l'azote associé aux particules mises en suspension. Ainsi, sur 35 % de cette plaine de Romilly, la nappe présente des teneurs nulles en nitrates, et sur 30 %, les teneurs y sont toujours inférieures à 10 mg/l, alors que sur les coteaux, les teneurs sont toujours supérieures à 50 mg/l de NO₃.

tion « auto épuratrice » de la Bassée et en cas d'utilisation future de sa nappe souterraine.

Le coût des investissements pour la production d'eau potable serait de 330 millions de francs pour le traitement de l'azote et de 275 milliards de francs pour celui des pesticides. Les coûts de fonctionnement sont estimés à 70 milliards de francs.

RÉSERVE EN EAU

La nappe d'eau souterraine de la Bassée, particulièrement abondante, de bonne qualité et peu exploitée, est susceptible d'alimenter ultérieurement l'agglomération parisienne.

SOUTIEN À LA NAPPE EN PÉRIODE DE SÉCHERESSE^{F2}

Le niveau de la nappe alluviale se raccorde à celui de la Seine : il remonte lors des crues. Inversement, en période d'étiage, l'eau stockée dans la nappe souterraine s'écoule dans la Seine soutenant le débit.

RÔLE PATRIMONIAL^{F8}

La Bassée est un écosystème très original du fait de sa position géographique et de sa configuration topographique. L'absence de dénivellation permet la divagation du lit mineur et favorise ainsi la présence de biotopes* variés (méandres, noues, marécages...). L'inondabilité, lorsqu'elle est encore possible, contribue à la richesse écologique.

Les zones humides de la Bassée sont donc très riches en espèces végétales rares ; la Bassée est l'une des unités floristiques les plus originales du bassin parisien (violette élevée, ail anguleux, vigne sauvage...).

La Bassée est aussi un havre de paix pour de nombreuses espèces d'oiseaux (pie-grièche grise, locustelle tachetée). De plus la diversité des biotopes aquatiques engendre une faune piscicole riche (brochet et sandre).

ATTEINTES

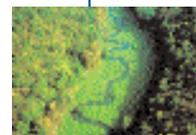
CANALISATION DE LA SEINE^{M6}

Les travaux de canalisation de la Seine au grand gabarit entre Montereau et Bray-sur-Seine ont considérablement augmenté la capacité d'écoulement en période de crues. Le lit majeur est désormais rarement inondé et l'aspect fonctionnel de la Bassée en est affecté. De plus, les écosystèmes ont subi une forte banalisation.





LA BASSÉE (77)



BARRAGES-RÉSERVOIRS^{MS}

Ces aménagements qui datent de 1950-1970, et dont le rôle essentiel est de protéger Paris contre les inondations (capacité totale d'environ 600 millions de m³), ont d'une manière générale modifié l'hydrologie de la Bassée aussi bien en période de crue qu'en période d'étiage. Leur impact reste cependant limité, notamment sur l'occurrence des crues de printemps.

EXTRACTIONS DE MATÉRIAUX^{MT}

Les gravières ont vu leur superficie croître de manière importante surtout au cours des années soixante-dix et quatre-vingt. De 1 % du territoire en 1949, elles représentent aujourd'hui 13,5 %. Les nombreuses extractions de matériaux effectuées dans le lit majeur ont laissé une mosaïque de plans d'eau généralement pas ou peu aménagés, d'une grande pauvreté écologique. Cette dégradation du milieu a des répercussions, tant sur le plan fonctionnel (disparition des prairies inondables) que sur le plan écologique; elle risque de s'étendre progressivement à l'ensemble de la Bassée si elle n'est pas maîtrisée.

L'AGRICULTURE^{MS}

L'usage systématique d'engrais et de pesticides pose des problèmes de pollution des eaux : on note déjà une baisse de la qualité de l'eau souterraine dans certains secteurs.

ACTIONS

Le plan d'actions projeté par les membres de la mission d'inspection spécialisée de l'Environnement en 1996 a les objectifs suivants :

- Arrêter la dégradation de la zone humide de la Bassée et assurer la sauvegarde du milieu naturel. (Inscription au réseau Natura 2000, classement au titre de la convention Ramsar*, création de réserves naturelles, révision des ZNIEFF pour délimiter le maximum de sites remarquables...)^{AS30},
- Maintenir la capacité d'expansion des crues de la Bassée pour la protection des personnes et des biens de la vallée de la Seine contre les inondations^{SS6},
- Protéger les gîtes aquifères pour l'alimentation en eau potable,
- Maîtriser les extractions de matériaux alluvionnaires, pour préserver le milieu naturel et les gîtes aquifères,
- Développer une agriculture respectueuse de l'environnement,
- Organiser et développer des loisirs.

A ce jour, une zone de 875 ha est en cours de classement en réserve naturelle. Cette même zone est inscrite au réseau

Natura 2000. Quand au SDAGE, il préconise la protection de la Bassée.

Par ailleurs, l'Agence de l'Eau Seine Normandie a mené depuis plusieurs années une politique d'acquisition foncière dans la Bassée. Une quarantaine de sites sont concernés.

BILAN

Les actions sont maintenant engagées, mais elles restent insuffisantes eu égard aux objectifs cités du plan d'actions de la mission spécialisée de l'Environnement. Il est trop tôt pour évaluer l'efficacité de ses actions. Par ailleurs, une telle évaluation nécessite des études fines ainsi que la mise en place d'un dispositif de mesure adapté, avec des observations sur le long terme.

La poursuite de ces actions est importante compte tenu des services rendus par la Bassée vis-à-vis de la ressource en eau et de l'enjeu patrimonial quelle représente. Si l'exploitation du milieu n'est pas maîtrisée et gérée correctement, la Bassée risque de perdre son intérêt fonctionnel et aussi sa valeur patrimoniale compte tenu de la dégradation enregistrée depuis 50 ans.

Il est donc essentiel de protéger activement ce milieu, d'autant plus qu'il représente une superficie relativement faible vis-à-vis de l'ensemble de la plaine alluviale de la Seine.

POUR EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Mission concernant les zones humides : État de la situation et perspective d'évolution de la plaine alluviale de la Bassée, rapport n° 94-166 par Jean-Louis Dambre et Paul Seven, membres de la mission d'inspection spécialisée de l'Environnement. Avril 1996.

Quel avenir pour la Bassée? Groupe de réflexion sur la gestion des barrages – réservoirs (GREBAR) 1992.

Évaluation économique des services rendus par les zones humides. ASCA 1996.

Évaluation de l'occupation des sols dans les vallées moyennes de la Seine et de l'Aube. Application à la Bassée. Ecosphère. Septembre 1998.

CONTACTS

M. Siblet, DIREN Île-de-France.

Mme Amezal, Agence de l'Eau Seine-Normandie.





ANNEXES

SOMMAIRE

[BIBLIOGRAPHIE](#)

[ADRESSES UTILES](#)

[GLOSSAIRE](#)

[QUITTER](#)





BIBLIOGRAPHIE

Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
Ouvrages inter Agences, Agences, Ministère de l'Environnement						
Université de Savoie - laboratoire d'écologie fondamentale appliquée	1993	Étude inter-agence n° 24, Étude bibliographique de l'impact des aménagements sur les capacités auto-épuratrices des cours d'eau	90 p.	Agences de l'Eau	Zones humides liées aux cours d'eau	Fonctionnement
CEMAGREF, Agence de l'Eau R-M-C, Ministère de l'Environnement, directeur de la publication : P. Roussel	1988	Étude inter-agence n° 60, Guide pratique de la méthode d'inondabilité	50 p.	Agences de l'Eau	Zones humides liées aux cours d'eau	Inondations
IDE Environnement	1993	Étude inter-agence n° 35, Étude bibliographique des méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux de surface continentales	200 p.	Agences de l'Eau	Zones humides liées aux cours d'eau, plans d'eau, étangs	Indicateurs biologiques
Marie-Christine Peltre (Université de Metz), Alain Dutartre (CEMAGREF de Bordeaux), Serge Muller (CEMAGREF de Lyon)	1997	Étude inter-agence n° 68, Biologie et écologie des espaces végétales proliférant en France	199 p.	Agences de l'Eau	Toutes zones humides	Espèces invasives
Agences de l'Eau, Agence de l'Eau Loire-Bretagne, ITCF (Benoit Real)	1998	Étude inter-agence n° 63, Efficacité de dispositifs enherbés pour lutter contre la pollution par les phyto-sémitaires	60 p.	Agences de l'Eau	Toutes zones humides	Dispositifs enherbés
INTER AGENCES	1999	Étude inter-agence n° 62, Limnologie appliquée au traitement des lacs et plans d'eau	215 p.	Agences de l'Eau	Lacs et plans d'eau	Curage
Agences de l'Eau, Agence de l'Eau Loire-Bretagne, sté ASSI, CIRSEE, sté GERPA	1999	Étude inter-agence n° 64, Système d'évaluation de la qualité de l'eau et des cours d'eau	360 p.	Agences de l'Eau	Zones humides liées aux cours d'eau	Qualité
P. Couvert, P. Lefort, J.-L. Peiry, P. Belleudy	1999	Étude inter-agence n° 65, La gestion des rivières, transport solide et atterrissements	92 p.	Agences de l'Eau	Zones humides liées aux cours d'eau	Gestion des cours d'eau
INTER AGENCES, T. Fraisse	1999	Étude inter-agence n° 66, Protection et végétalisation des zones de marnages des plans d'eau, guide méthodologique	97 p.	Agences de l'Eau	Plans d'eau et lacs	Marnage
Agence de l'Eau R-M-C, directeur de la publication : P. Roussel	1999	Étude inter-agence n° 72, Les outils d'évaluation de la qualité des cours d'eau, principes généraux	12 p.	Agences de l'Eau	Cours d'eau	Qualité des eaux
SIEE	1996	Étude des fonctionnalités des milieux aquatiques. Document de synthèse	59 p.	S.I.E.E.	Cours d'eau et annexes fluviales	Fonctions et fonctionnement
Agence de l'Eau Adour-Garonne, CNRS,, CEMAGREF Lyon, ENSAT	1994	Écologie et gestion, Revue de l'Agence de l'Eau n° 60	32 p.	Agence de l'Eau Adour Garonne	Cours d'eau et annexes fluviales	Fonctions et fonctionnement

Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
D. Tesseyre (Agence de l'Eau Adour-Garonne), J.-L. Redaut (GREF), J. Thomas (conservatoire régional des espaces naturels de M-P)	1995	Revue de l'Agence de l'Eau n° 65	4 p.	Agence de l'Eau Adour Garonne	Toutes zones humides	Fonctionnement et intérêt
Agence de l'Eau Adour-Garonne, Ministère de l'Environnement, DIREN	1993	IBGN. L'Indice Biologique Global Normalisé. Un indicateur biologique de la qualité des milieux aquatiques		Agence de l'Eau Adour Garonne	Cours d'eau	Pollution
J.-P. Rebillard (Agence de l'Eau Adour-Garonne, A. Dutartre (CEMAGREF Bordeaux), J.-M. Ferroni (bureau d'études Ferroni), L. Delattre (bureau d'études Saunier Techna)	1999	Revue de l'Agence de l'Eau n° 75	75 p.	Agence de l'Eau Adour Garonne	Toutes zones humides	Fonctionnement et intérêt
Agence de l'Eau Adour-Garonne, Rivière Environnement, G. Barroin	1994	L'entretien régulier des rivières. Guide technique	88 p.	Agence de l'eau Adour-Garonne	Cours d'eau et annexes fluviales	entretien des berges
Agence de l'Eau Loire-Bretagne, IEA	1997	Avis d'expert sur les fonctions et la qualité des zones humides.	72 p.	Institut d'Écologie Appliquée	Toutes zones humides	Fonctions
Agence de l'Eau Loire-Bretagne, IEA	1998	Gestion de la végétation des fonds de vallée	77 p.	Agence de l'Eau Loire-Bretagne	Zones humides de tête de bassin	Gestion de la végétation
Agence de l'Eau Loire-Bretagne, ITCF, B. REAL	1997	Étude de l'efficacité de dispositifs enherbés	p1-24	Agence de l'Eau Loire Bretagne	Toutes zones humides	Dispositifs en herbés
Pas référencé	1997	Mise en valeur des milieux aquatiques. Restaurer les milieux pour améliorer la ressource en eau	4 p.	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	Cours d'eau et annexes fluviales	Restauration, préservation
Pas référencé	1998	La végétation au service de la restauration des berges de rivière	5 p.	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	Cours d'eau et annexes fluviales	Restauration et végétation
Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, (Boyer M.)	1998	La gestion des boisements de rivières	42 p.	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	Cours d'eau et annexes fluviales	Gestion de la végétation
Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, (Boyer M.)	1998	Guide technique n° 1. La gestion des boisements de rivières, Fascicule 1 : dynamique et fonctions de la ripisylve	42 p.	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	Cours d'eau et annexes fluviales	Gestion des boisements
Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, (Boyer M.)	1998	Guide technique n° 1. La gestion des boisements de rivières, Fascicule 2 : définition des objectifs et conception d'un plan d'entretien.	49 p.	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	Cours d'eau et annexes fluviales	Gestion des boisements



BIBLIOGRAPHIE



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
Agence de l'Eau Rhin-Meuse, DDAF de la Meurthe et Moselle	1991	La nappe alluviale de la Moselle : un patrimoine pour le département		Agence de l'Eau Rhin-Meuse, DDAF de la Meuse	Cours d'eau et annexes fluviales	Patrimoine naturel
Agence de l'Eau Rhin-Meuse, bureau d'études SINBIO, office national des forêts de Lorraine	1997	Guide de restauration des rivières		Agence de l'Eau Rhin-Meuse	Cours d'eau et annexes fluviales	Restauration, entretien
Agence de l'Eau Seine-Normandie	1995	Cartographie de l'intérêt fonctionnel des zones humides du bassin Seine-Normandie vis-à-vis des ressources en eau	200 p.	BURGEAP, Université de Paris-Sorbonne IV, U.F.R. de Géographie	Annexes fluviales, prairies humides	Intérêt fonctionnel
Agence de l'Eau Seine-Normandie (J.-B. Narcy)	1996	Modes de gestion des zones humides, quel rôle pour l'Agence de l'Eau Seine Normandie ?	121 p.	Agence de l'Eau Seine-Normandie	Toutes zones humides	Gestion
Agence de l'Eau Seine-Normandie, A. Amezal (Direction de la Recherche des Études, de l'Agriculture et des Milieux)	1997	Les zones humides du bassin Seine-Normandie. Un patrimoine à protéger	p. 1-36	Agence de l'Eau Seine-Normandie	Toutes zones humides	Protection des milieux
Agences de l'Eau	1996	SDAGE		Agences de l'Eau	Toutes les zones humides	Fonctions, valeurs, atteintes
Agences de l'Eau	1997	SEC. Milieu Physique, Méthode de collecte des données.	100 p.	Agences de l'Eau	Cours d'eau	Milieu physique
Agences de l'Eau, GRAIE, Ouvrage collectif	1996	Aménagement et gestion des rivières Volume 1 : pour une approche globale, Volume 2 : fiches méthodologiques et techniques, Volume 3 : Études de cas	980 p.	GRAIE, Agences de l'Eau	Cours d'eau et annexes fluviales	Gestion, entretien, restauration
MALAVOI J.-R.	1998	Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau	39 p.	Agence de l'eau RMC	Cours d'eau et annexes fluviales	Géomorphologie, dynamique fluviale
Couvert B., Lefort P., Peiry J.-L.; Belledeudy P.	1999	La gestion des rivières. Transport solide et atterrissement. Guide méthodologique n° 65.	92 p.	Interagences		



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
Autres ouvrages						
Ministère de l'Environnement (M. Barnier)	1994	Les zones humides, entretiens de Ségur	33 p.	Ministère de l'Environnement	Toutes zones humides	Typologie, rôle fonctionnel, économique, usages, usagers
Ministère de l'Environnement, L. Maridet, M.-P. Collin-Huet	1994	La végétation aux abords des rivières : source de vie et d'équilibre	15 p.	Ministère de l'Environnement	Cours d'eau et annexes fluviales	Entretien des berges
Ministère de l'Environnement	1988	La cartographie des Plans d'Exposition au Risque d'Inondation		La Documentation Française	Cours d'eau et annexes fluviales	Inondation, atteintes
Ministère de l'Environnement	1988	Catalogue des mesures de prévention au risque inondation		La Documentation Française	Cours d'eau et annexes fluviales	Inondation, atteintes
Ministère de l'Environnement, G. Barnaud, F. Le Bloc, A. Lombardi	1996	Agir pour les zones humides	50 p.	Ministère de l'Environnement	Toutes les zones humides	Fonctions, valeurs, usages, atteintes
ACTES DU COLLOQUE	1996	Forum des gestionnaires - La gestion de l'eau pour les zones humides	108 p.	Ministère de l'Environnement	Toutes zones humides	Gestion
ACTES DE COLLOQUE	1996	Forum des gestionnaires. La gestion des milieux herbacés. Une exigence croissante pour la protection de la nature.	102 p.	Espaces Naturels de France, Réserves naturelles de France, Ministère de l'Environnement	Marais et prairies humides	Gestion des milieux herbacés
ACTES DE COLLOQUE	1997	Les introductions d'espèces dans les milieux aquatiques continentaux en métropole. Enjeux, conséquences et recommandations.	516 p.	Bull. Fr. Pêche Pisciculture	Tous types de zones humides	Espèces invasives
ADAMUS & STOCKWELL	1993	A method for wetland functional assesment, Vol I : Critical review and evaluation concepts, Report FHWA IP. 82.24	176 p.	US Department of transportation	Tous types de milieux humides	Fonctions des zones humides
ADEBEM	1979	Influence de l'assèchement des marais et du drainage des zones humides sur le débit des cours d'eau. Étude bibliographique. Marais de St Gond	10 p.	Agence de l'Eau Artois Picardie	Marais	Drainage et fonctionnement
ALARD D.	1989	Déprise agricole et milieu pastoral. Deux exemples en Normandie centrale. In : L'écologie en France, 5 ^e colloque de l'AFIE.	p. 267-280	AFIE	Prairies humides, pelouses sèches	Impacts
ALBOUY I.	1996	L'agriculture de la France		Les Essentiels. Milan.	Marais de plaine et d'altitude	Menace



BIBLIOGRAPHIE



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
ALDEBERT F. & CAZE-NAVE C.	1994	Étude préalable à la mise en œuvre d'un plan de gestion. Berges nord de l'Étang de l'Or. Commune de Maugeuio.	41 p. + Annexes	Syndicat Mixte de la gestion de l'Étang de l'Or. Mémoire de DESS Activités et Aménagements Littoraux et Maritimes, Univ. de Montpellier II	Lagunes	Gestion
ALLIGATORS COMMUNI-CATEURS	1989	Comment aménager vos sentiers pour l'interprétation	34 p.	ATEN	Toutes zones humides	Signalétique, pédagogie
AMOROS C. & PETTS G.-E.	1993	Hydrosystèmes fluviaux	163 p.	MASSON	Cours d'eau et annexes fluviales	Fonctionnement
ANDRE H	1976	Hydrométrie pratique des cours d'eau		ED. Eyrolles	Cours d'eau et annexes fluviales	Hydrologie
ANDREWS (J.), KINSMAN (D.)	1990	Gravel pit restoration for wildlife. A practical manual. Tarmac	184 p.	RSPB-RSNC	Zones humides artificielles	Restauration gravière
ANONYME	1979	Les zones humides. Compte rendu du stage européen sur l'écologie appliquée aux zones humides.	141 p	La Documentation Française	Toutes zones humides	Écologie générale
ANONYME	1997	La prairie Saint-Gildas à Châteauroux	92 p.	Ville de Châteauroux	Prairies humides	Restauration de peupleraies, recréation de prairies humides
AQUASCOP	1997	SEQ milieu physique 1. Typologie physique simplifiée des cours d'eau Français	p. 1-63	Agences de l'Eau	Cours d'eau et annexes fluviales	Géomorphologie
AQUASCOP	1997	Étang de l'Or: Contrat de Baie. Dossier d'agré-ment provisoire. Résumé.	9 p.	AQUASCOP	Lagunes	Gestion
ASCA	1993	Innovover pour une gestion plus écologique des fleuves	107 p.	Ministère de l'Environnement, Direction de l'Eau	Cours d'eau et annexes fluviales	Fonctionnement, restauration
ASCA	1995	Plan d'Utilisation de l'Espace Inondable, Plan de Gestion de l'Espace Inondable.		Syndicat Mixte Saône-Doubs.	Cours d'eau et annexes fluviales	Inondation
ASSOCIATION FRANCAISE DE LIMNOLOGIE	1995	Actes du XXXIX ^e congrès national	179 p.	Agences de l'Eau	Annexes fluviales	Fonctionnement
ATEN	1990	Comment aménager vos sentiers en milieu humides	61 p.	MATE	Toutes zones humides	Fréquentation
ATEN	1989	Concevoir des parkings en milieu naturel		MATE	Toutes zones humides	Fréquentation
ATEN	1996	Inventaire des outils pédagogiques des réserves naturelles		MATE	Toutes zones humides	Fréquentation
BACCHI M., BERTON J.-P.	1998	Entretien du lit de la Loire. Guide méthodologique	105 p.	DIREN Centre	Cours d'eau et annexes fluviales	Entretien lit mineur





Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
BACHASSON B.	1997	Mise en valeur des étangs	176 p.	Lavoisier TEC & DOC	Étangs	Gestion, entretien
BAISSETTE G.	1990	L'étang de l'Or.	239 p.	Les Presses du langage	Lagunes	Gestion
BALLAN P.	1996	Les fleuves : un réseau qui appelle à une gestion d'avenir : la Saône	157-216	Actes du colloque de Québec Fleuve et Patri- moine, Mettre en valeur un fleuve : pourquoi ? Neuvièmes entretiens du centre Jacques Cartier	Cours d'eau et annexes fluviales	Gestion des cours d'eau
BARBAULT R.	1992	Écologie des peuplements. Structure, dynamique et évolution.	267 p.	Masson, Paris	Toutes zones humides	Écologie générale
BARDAT J.	1993	Guide d'identification simplifiée de divers types d'habitats naturels d'intérêt communautaire présents en France métropolitaine. Essai de correspondance entre codes Corine - biotope de l'annexe 1 de la Directive Habitats et la nomenclature phytosociologique	56 p.	Muséum d'Histoire Naturelle. Secrétariat Faune/Flore	Toutes zones humides	Typologie des groupements végétaux
BARNAUD G.	1990	Synthèse bibliographique des typologies « zones humides » : application aux réserves naturelles en France		Secrétariat d'État à l'Environnement, D.I.N., M.N.H.N.	Toutes zones humides	Typologie
BARNAUD G.	1998	Conservation des zones humides : concepts et méthodes appliquées à leur caractérisation. Thèse de doctorat, Université de Rennes I.	451 p.	Coll. Patrimoines Naturels, Volume 34, service du Patrimoine Naturel/IEGB/ MNHN, Paris	Toutes zones humides	Fonctions, valeurs, atteintes, classifications
BENMERGUI M. FAVEROT P.	1994	La Dombes, pays d'étangs	32 p.	ONC Dombes. Secrétariat Régional du Patrimoine Naturel	Étangs	Écologie et gestion des étangs
BESSINETON C.	1991	La création de vasières artificielles dans l'estuaire de la Seine	15 p.	Cellule du suivi du littoral Haut Normand	Vasières littorales	Création de zones humide
BIOTOPE	1997	Plan de gestion sur les zones humides de Saint-Nazaire de Pézan. Aspect Hydraulique et occupation du milieu.	100 p.	BIOTOPE	Lagunes	Gestion
BIZE J. BOURGUET L. LEMOINE J.	1972	L'alimentation artificielle des nappes souterraines		Masson et Cie	Cours d'eau et annexes fluviales	Recharge de nappe
BLANDIN P.	1987	Bioindicateurs et diagnostics des systèmes écologiques	10 p.	Bulletin d'Écologie, n° 17, (4).	Toutes zones humides	Gestion, bioindicateurs





BIBLIOGRAPHIE



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
BOUCHY J.-M. & GARNIER-ZARLI E.	1994	Les intégrateurs biologiques : des bioindicateurs aux indices biologiques. Dans «Gestion intégrée des milieux aquatiques»	15 p.	Actes des cinquantièmes journées du Diplôme d'Études Approfondies. Sciences et Techniques de l'Environnement. Le 19 et 20 mai 1994, Paris.	Rivières	Pollution, gestion
BOUVIER J., PENLOUP A., PINEAU O. & PERENNOU C.	1996	Fiches pratiques à l'usage du gestionnaire de zones humides méditerranéennes	100 p.	Tour du Valat, Life	Zones humides méditerranéennes	Suivi physico-chimique, gestion des espaces...
BRAVARD J.-P. PETIT F.	1997	Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial	222 p.	Armand COLIN	Cours d'eau et annexes fluviales	Fonctionnement, géomorphologie
BRINGER J.-P., TOCHE J.	1996	Pratique de la signalétique d'interprétation	104 p.	ATEN	Tout milieu naturel	Signalétique
BROYER J.	1985	Le rôle de genêt en France	106 p.	UNAO-CORA/SRETIE	Zones humides de plaines alluviales, marais	Oiseaux
BROYER J.	1988	Dépérissement des populations d'oiseaux nicheurs dans les sites cultivés et prairiaux : les responsabilités de la modernité agricole	192 p.	FRAPNA/Ministère de l'environnement	Zones humides de plaines alluviales, régions d'étangs	Oiseaux, gestion
BROYER J.	1991	Conservation des écosystèmes agricoles dans le val de Saône et dans la Dombes : définition de normes de gestion	117 p.	FRAPNA/Ministère de l'environnement	Zones humides de plaines alluviales, régions d'étangs	Gestion
BURGEAP	1995	Modèle mathématique des relations cours d'eau-nappe et des écoulements souterrains de l'île de la Platière	80 p.	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	Cours d'eau et annexes fluviales	Restauration d'annexes fluviales
BURGEAP, CNR, UCB LYON I	1998	Plan de gestion du réseau hydrographique de l'île de Miribel-Jonage. SEGAPAL	50	SYMALIM	Marais, annexes fluviales	Plan de gestion, restauration
BURGEAP, GREBE, MICHELOT, BRAVARD	1998	Protection des espaces vulnérables de l'hydro-système Rhône, méthodologie d'évaluation de hiérarchisation et de cartographie de la vulnérabilité des espaces	250 p.	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	hydrosystèmes	Patrimoine naturel, intérêt fonctionnel, gestion
BURGEAP, MICHELOT J.-L.	1997	Étude pour la mise en valeur de l'étang et de ses abords immédiats de la Rivière Drugeon		Commune de la Rivière Drugeon (25)	Étang	Gestion, fonctionnement, patrimoine
CARTER & NOVITZKI	1988	Some comments on the relation between ground water and wetlands, The Ecology & Management of Wetlands, vol 1 : Écologie of Wetland		D. D. Hook & all, eds	Toutes zones humides	Recharge de nappe
CASTANY	1982	Principes et méthodes de l'Hydrogéologie	238 p.	Dunod, Paris	Annexes hydrauliques	Recharge de nappe, crue
CELLULE DE SUIVI DU HAUT LITTORAL NORMAND	1999	Étude sur la restauration et la création de vasières intertidales	10 p.	Cellule du suivi du littoral Haut Normand	Vasières littorales	Création de zones humide



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
CEMAGREF	1989	Guide pratique de l'agent préleveur	50 p.	Cemagref	Cours d'eau et annexes fluviales	Hydrologie
CEMAGREF	1990	Simulation des capacités d'habitat potentiel de poissons. Schéma de vocation piscicole du fleuve Rhône		Délégation de bassin, service de la Navigation Rhône-Saône.	Cours d'eau et annexes fluviales	Restauration, gestion de frayère
CEMAGREF	1995	Synthese descriptive quantifiée de la ressource en eau superficielle en RMC		Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	Zones humides liées aux cours d'eau	Hydrologie
CEMAGREF DE BORDEAUX, CERR, IDF	1998	Gestion des bordures de cours d'eau. Evolutions, fonctions et intérêts des ripisylves	p. 1-89	Secrétariat d'État chargé de l'environnement	Cours d'eau et annexes fluviales	Gestion, entretien des berges
CEMAGREF Lyon	1994	Quelques réflexions générales en matières d'entretien et restauration de cours d'eau	5 p.	Cemagref	Zones humides liées aux cours d'eau	Restauration, entretien
CEMAGREF Lyon	1996	Rôle et intérêt de zones d'écrêtement des crues	p. 74-80	La Houille Blanche n° 6/7	Annexes fluviales	Crues
CEMAGREF, MATE, DPN, SPHB	1988	Estimation du module d'un cours d'eau selon les données locales disponibles		Ministère de l'Environnement	Cours d'eau et annexes fluviales	Hydrologie
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE	1991	Les nitrates dans les vallées fluviales	51 p.	Ministère de l'environnement	Zones humides liées aux cours d'eau	Pollutions
CHAMPION E. et al	1995	Plan de gestion des espaces naturels de la LPO en basses vallées angevines	80 p.	LPO	Vallée alluviale	Plan de gestion
CHARBONNEAU S.	1997	Natura 2000: une opportunité de dialogues à saisir.	p. 63-65	Nature, Sciences et Société	Toutes zones humides	Gestion, préservation
CHAUJUT M. ET OLIVIER L.	1993	La biodiversité. Enjeu planétaire. Préserver notre patrimoine génétique.	410 p.	Édit. Sang de la Terre	Toutes zones humides	Signalétique
CHERRIERE K.	1998	Gestion éco-pastorale : adopter une méthode de suivi de la végétation	15 p.	Cahier Technique du PIQUE-BOEUF. N° 2. Réseau ESPACE	Prairies humides	Gestion
CHIFFAUT A., ROLAND J.	1993	Charte signalétique des réserves naturelles et des réserves naturelles volontaires	32 p.	ATEN	Toutes zones humides	Signalétique
CNRS	1991	Les nitrates dans les vallées alluviales		CNRS	Cours d'eau et annexes fluviales	Dénitrication
COGLIASTRO A., LAJEUNESSE D., DOMON G., BOUCHARD A.	1996	Programme de gestion des écosystèmes des parcs nature de la Communauté Urbaine de Montréal.	136 p.	Communauté urbaine de Montréal, Institut de recherche en biologie végétale.	Zones humides de vallées alluviales, Amérique du nord.	Évaluation, gestion.
COLLECTIF	1993	La réhabilitation écologique et paysagère des milieux dégradés	81 pp	AFIE	Zones humides artificielles	Réhabilitation des milieux artificialisés
COLLECTIF	1994	Territoires dégradés, quelles solutions? Trente trois expériences de génie écologique pour valoriser les espaces abandonnés ou menacés	116 p.	Fondation de France	Zones humides artificielles	Réhabilitation des milieux artificialisés



BIBLIOGRAPHIE



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
COLLECTIF	1994	Recréer la nature. Réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes. Colloque du marais d'Oix.		Ministère de l'environnement	Marais	Restauration, réhabilitation de marais
COLLECTIF	1998	Bilan de l'OGAF Elevage-Environnement Barthes de l'Adour 1993-1998		ADASEA des Landes	Prairies humides	MAE
COLLECTIF	1998	Des mesures agri-environnementales au contrat territorial d'exploitation.		Compte rendu du séminaire des 10-11 au 11 juin 1998 à la Bergerie Nationale de Rambouillet.	Toutes zones humides	MAE et CTE
COMITÉ NATIONAL D'INFORMATION CHASSE-NATURE	1991	Aménagement des territoires oiseaux d'eau. Union nationale des fédérations départementales des chasseurs	48 p.		Étangs et zones humides artificielles	Aménagements pour les oiseaux d'eau
COMMISSARIAT AU PLAN	1994	Les zones humides-Rapport d'évaluation	391 p.	La documentation Française	Toutes zones humides	Fonctions, usages, atteintes
COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN	1998	Inventaire des zones d'intérêt écologique sur le Rhin et première étape pour la mise en réseau de biotopes	68 p.	Commission internationale pour la protection du Rhin	Zones humides des cours d'eau	Patrimoine écologique
CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA PÊCHE	1994	Passes à poissons. Expertise, conception des ouvrages de franchissement		CSP, Collection Mise au Point	Cours et annexes fluviales	Passes à poissons
CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS DE FRANCHE-COMTÉ	1995	Programme LIFE. Sauvegarde de la richesse biologique du bassin du Drugeon, inventaire écologique initial et opérations de gestion.	113 p.	Conservatoire des espaces naturels de Franche-Comté	Zones humides d'altitude	Écologie et gestion des tourbières
CONSERVATOIRE DES SITES LORRAINS	1993	Programme de sauvegarde de la vallée alluviale de la Moselle		Conservatoire des sites lorrains	Zones humides des cours d'eau	Gestion protection
CONSERVATOIRE RHÔNE-ALPES DES ESPACES NATURELS	1996	Le Marais de Rochebrienne. Commune de Beaurières (26). Plan de gestion	p. 26-33	Région Rhône-Alpes, Département de la Drôme	Marais	Gestion
CORPEN	1997	Produits phytosanitaires et dispositifs enherbes	87 p.	Ministère de l'agriculture et de la pêche, MATE	Bassin versant de toutes zones humides	Dispositifs enherbés
COULET M. VENARD B. MONNET P.	1997	Impact des aménagements hydroélectriques sur l'écosystème Rhône	181 p.	FRAPNA	Zones humides des cours d'eau	Impact d'aménagement
CREN	1996	La fauche en marais		Cahier Technique n° 2. Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels.	Prairie, marais	La fauche
CREUM	1998	Étude de l'impact des changements des pratiques agricoles sur la biodiversité végétale et la fonction d'épuration des eaux dans les prairies alluviales de Lorraine	p. 1-23	Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Région Lorraine	Prairies alluviales	Pression agricole et conséquences
CREUM, UPRES	1998	Identification de description des groupements végétaux des prairies alluviales de Lorraine. Rapport de synthèse.		Ministère de l'environnement, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Région Lorraine.	Prairies alluviales	Caractérisation



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
DAMBRE J.-L., SEVEN P.	1996	État de la situation et perspective d'évolution de la plaine alluviale de la Bassée, rapport 94-166		Ministère de l'Environnement, Agence de l'Eau Seine Normandie	Plaine alluviale	Fonctionnement
DAUDON M.	1992	Étude des communautés à hélophytes de la réserve naturelle de Chérine (Brenne) : impact du pâturage extensif et d'autres moyens de gestion.		Thèse de Doctorat. Université de Paris-sud, Orsay.	Étangs, roselière	Écologie végétale
DEGARDIN F., GAIDE P.-A.	1999	Valoriser les zones inondables dans l'aménagement urbain. Repères pour une nouvelle démarche	231 p.	CERTU	Cours d'eau et annexes fluviales	Protection et valorisation des zones inondables
DEQUEANT J., HACHACHE N. & REINTEAU B.	1998	Cahiers de l'Environnement. Gestion des cours d'eau	p. 37-52	Le Moniteur	Cours d'eau et annexes fluviales	Gestion, entretien des berges
DUPIEUX N.	1998	La gestion conservatoire des tourbières de France. Premiers éléments scientifiques et techniques	244 p.	Life, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement	Tourbières	Gestion, restauration
DURBEAUX A., BRAVARD J.-P., PAUTOU G., ROUX A.-L.	1994	Expertise écologique du projet de Polder d'Eirstein (67)	59 p.	Service de la navigation de Strasbourg	Forêt alluviale	Restauration des crues
DUTARTRE A., GRILLAS P. & LEVET D.		Revue sur les techniques de contrôle des plantes aquatiques.		14 ^e conférence du Coloma - Journées internationales d'études sur la lutte contre les mauvaises herbes, Versailles 1990.	Plan d'eau	Gestion des végétaux aquatiques
ECOSPHERE	1995	Zones Humides & Carrières en Ile de France	31 p.	UNICEM	Zones humides artificielles	Réhabilitation, gestion des milieux artificiels
FAGOT P., GADIOLET P., MAGNE M., BRAVARD J.-P.	1989	Une étude dendrochronologique dans le lit majeur de l'ain : La forêt alluviale comme descripteur d'une « métamorphose fluviale ».	p. 213/p. 223	Revue de Géographie de Lyon 64/4	ripisylve	Liaison entre dynamique fluviale et végétation
FÉDÉRATION DES CHASSEURS DES LANDES	-	La réserve de Saint-Martin-de-Seignan	11 p.	Fédération des chasseurs des Landes	Prairies inondables	Restauration des barthes de l'Adour
FISCHESSER B.	1982	La vie de la montagne.	257 p.		Zones humides d'altitude	Typologie, faune, flore
FISCHESSER B. ET DUPUIS-TATE M.-F.	1987	Les zones humides d'altitude.	64 p.	Ministère de l'Environnement et Ministère de l'Agriculture.	Zones humides d'altitude	Typologie, faune, flore
FORET ENTREPRISE	1997	Gestion des ripisylves/Un petit bois qui rapporte/Converser au froid des plants forestiers/Peupliers : décroissance et cubage.	p. 1-64	I.D.F.	ripisylves	Gestion des ripisylves



BIBLIOGRAPHIE



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
FORET M. LAVAL F.	1996	Plan de gestion du val de Saône	12 p.	Syndicat Mixte d'Études pour l'aménagement du Bassin de la Saône et du Doubs	Val de Saône	Plan de gestion
FUSTEC ET FROCHOT	1995	Les fonctions des zones humides	144 p.	Agence de l'Eau Seine Normandie	Tous types de milieux	Toutes les fonctions
GALEA G. MERCIER GX. ADLER MJ	1999	Modèles débit-durée-fréquence d'étiage, concept et usage pour une approche régionale des régimes de basses eaux des bassins hydrographiques de la Loire (France) et du Crisu-Alb (Roumanie).	p. 93-122	Revue des Sciences de l'Eau 12/1	Cours d'eau et annexes fluviales	Hydrologie
GALEA G. MIC R. CHAPUT N.	1999	Prise en compte d'observations locales épiodiques pour un meilleur usage opérationnel des modèles débit-durée-fréquence d'étiage au sein d'un réseau hydrométrique. 5 rencontre hydrologique Franco-Roumaine, Suivi intégré des eaux continentales		Cemagref	Cours d'eau et annexes fluviales	Hydrologie
GALEA G. PRUDHOMME C.	1994	Modèles débit - durée - fréquence et conceptualisation d'un hydrogramme de crue synthétique : validation sur le BVRE de Draix.	p. 139-156	Hydrologie continentale, vol. 9, n° 2	Cours d'eau et annexes fluviales	Hydrologie
GALEA G. PRUDHOMME C.	1997	Notions de base et concepts utiles pour la compréhension de la modélisation synthétique des régimes de crue des bassins versants au sens des modèles Qdf.	p. 83-101	Revue des Sciences de l'Eau, n° 1	Cours d'eau et annexes fluviales	Hydrologie
GARTNER K.	1995	Inventaire des opérations de restauration des anciens bras du Rhin	150 p.	Mémoire de fin d'étude d'ingénieur agronome	Cours d'eau et annexes fluviales	Restauration
GENIN B., CHAUVIN C. & MENARD F.	1998	Cours d'eau et indices biologiques. Pollutions, méthodes	100 p., Livret, CD	IBGN. ENESAD-CNERTA	Rivière, fleuve	Pollution
GEREA	1985	Intérêt écologique et fragilité des zones humides des landes de Gascogne		Université de Bordeaux I	Landes humides de plaine	Patrimoine, atteintes
GREBAR	1992	Quel avenir pour la Bassée?		GREBAR	Zones humides artificielles	Gestion
GRILLAS P. ROCHE J.	1997	Végétation des marais temporaires, écologie et gestion		Tour du Valat	Marais temporaires	Gestion, écologie
HAURY J.	1989	Evolution spatiales et temporelle de la végétation d'une zone humide et modalités d'utilisation agricole sur la période 1961-1989. In, L'écologie en France, 5 colloque de l'AFIE.	p. 45-60	AFIE	Prairies humides	Impacts et gestion



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
HENRY C. BORNETTE G. AMOROS C.	1994	Écotechnologie de restauration de zones humides fluviales : recherches expérimentales sur les bras-morts du Rhône. Rapport final	158 p.	C.N.R.S. CNR	Annexes fluviales	Restauration d'annexes fluviales
HENRY C., AMOROS C.	1994	Écotechnologie de restauration de zones humides fluviales : expérience en secteur de retenue, le restauration de la Lône de Chantemerle	36 p.	C.N.R.S., C.N.R., AERMC	Annexes fluviales	Restauration d'annexes fluviales
HENRY C., AMOROS C., GIULIANI Y.	1995	Restoration ecology of riverine wetlands : An example in a former channel of the Rhône River		Environmental Management, New-York	Cours d'eau et annexes fluviales	Restauration d'annexes fluviales
HENRY C., BORNETTE G., AMOROS C.	1992	Écotechnologie de restauration de zones humides fluviales : recherches expérimentales sur les bras-morts du Rhône	65 p.	C.N.R.S., ARALEPBP	Cours d'eau et annexes fluviales	Restauration d'annexes fluviales
HEURTEAUX P	1999	A propos des moustiques de Camargue... et de la démoustication.	p. 17-21	Le Courrier de la Nature, n° 177	Zones humides de Camargue	Démoustication
HILL	1990	Groundwater flow paths in relation to nitrogen chemistry in the near stream zone.	p. 39-52	Hydrobiologia n° 206	Cours d'eau et annexes fluviales	Dénitrification
HUMBERT ET AL.	1997	Protéger et gérer les zones humides, données écologiques et juridiques	155 p.	MNHN	Toutes zones humides	Protection
HUMBERT G., PINAY G., LETHIER H. & LIERDEMAN E.	1997	Protéger et gérer les zones humides, données écologiques et juridiques		Muséum National d'Histoire Naturelle, Institut d'Écologie et de Gestion de la Biodiversité	Toutes zones humides	Protection et gestion
HYDRATEC, MALAVOI JR, ECOLOR	1999	Définition des fuseaux de mobilité fonctionnels sur les cours d'eau du bassin Rhin Meuse	80 p.	Agence de l'Eau Rhin Meuse	Cours d'eau et annexes fluviales	Dynamique fluviale
IARE	1995	Rives nord de l'étang de l'Or - commune de Maugeio. Gestion de la fréquentation et protection du milieu.	65 p.	Syndicat Mixte de la gestion de l'Étang de l'or	Lagune	Fréquentation
IFARE	1998	La Recherche aujourd'hui pour mieux agir demain	197 p.	Institut Franco-Allemand de Recherche sur l'Environnement	Cours d'eau et annexes fluviales	Dénitrification
IFEN	1999	L'environnement en France	467 p.	Éditions la Découverte	Toutes zones humides	Écologie générale
INSTITUT D'ÉCOLOGIE APPLIQUÉE	1997	Avis d'expert sur les fonctions et la qualité des zones humides.	45 p.	Agence de l'eau Loire-Bretagne	Zones humides de plaines alluviales	Évaluation
INSTITUT INTERNATIONAL DE GESTION ET DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT	1998	Plans d'eau, de l'autre côté du miroir.	127 p.	Agence de l'eau RMC	Plans d'eau	Gestion, fonctionnement



BIBLIOGRAPHIE



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
JALBERT J. & DARLET S.	1995	Une nouvelle dynamique pour les zones humides	p. 1-142	C.N.F.P.T., Ministère de l'environnement, Tour du Valat, Atelier technique des espaces naturels, GARD Conseil Général	Toutes zones humides	Fonctionnement, dynamique
JEAN C. (SOUS LA DIRECTION DE)	1998	Loire Nature. Recueil d'expériences. Les actions les plus marquantes du programme Loire Nature. 1993-1998	152 p.	Espaces naturels de France, WWF, Agence de l'eau Loire-Bretagne	Cours d'eau, annexes fluviales, prairies humides	Gestion, entretien, restauration
JEQUEL N. & ROUVED	1983.	Marais, Vasières, Estuaires	62 p.	Édit. DRAE Rennes	Vasières, Estuaires, Marais	Typologie faune, flore
JOLY P. & DEHEUELS O	1997	Méthode d'inventaire des communautés et des populations d'amphibiens. Dans «Peuplements par d'amphibiens et génie écologique».	Non paru	J. Carignol, O. Deheuvels, P. Joly & M. Owallier (eds) Ministère de l'Environnement	Toutes zones humides	Suivi
LACHAT B.	1994	Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales	143 p.	Ministère de l'Environnement	Annexes fluviales	Restauration de berges
LACROIX G.	1991	Lacs et rivières milieux vivants	255 p.	Écoguides Bordas	Lacs, cours d'eau	Fonctionnement
LAURANS Y., CATTAN A. & DUBIEN I.	1996	Les services rendus par les zones humides à la gestion des eaux : évaluations économiques pour le bassin Seine-Normandie		ASCA, Agence de l'Eau Seine-Normandie	Toutes zones humides	Évaluation financière des services rendus
LE COZ C.	1994	Gestion intégrée des milieux aquatiques	239 p.	Presses de l'école nationale des ponts et chaussées	Toutes zones humides	Gestion
LECOMTE T., NICAISE L., LE NEVEU. CH. & VALOT E.	1995	Gestion écologique par le pâturage : l'expérience des réserves naturelles	76 p.	Réserves Naturelles de France, Ministère de l'Environnement, ATEN	Prairies humides, marais, tourbières	Pastoralisme
LECOMTE T. & LENEVEU C.	1990	La gestion des zones humides par le pâturage extensif.	107 p.	Ministère de l'Environnement. Atelier technique des Espaces Naturels Ed., Neuilly	Prairies humides, marais, tourbières	Pastoralisme
LES TECHNIQUES DE L'INDUSTRIE MINIERE	1999	Impact des gravières sur la qualité des eaux		UNICEM	Zones humides artificielles	Menaces, qualité des eaux
LIERDEMAN E. & MERMET L.	1992	Faisabilité d'un observatoire des zones humides. Vol. II. Les bases d'un Observatoire National. Rapport inédit	66 p. + annexes	AIDA, SRPN, Ministère de l'Environnement, D.N.P.	Toutes zones humides	Gestion
LIERDEMAN E., DUNCAN A., RICHARD D.	1991	Guide méthodologique des plans de gestion des réserves naturelles.	61 p.	Réserves Naturelles de France, ATEN.	Tous types de milieux	Gestion
LIERDEMAN E., MERMET L.	1991	Mise en place d'un observatoire des zones humides. Étude et méthode de faisabilité.	29 p.	Ministère de l'environnement.	Tous types de milieux	Gestion



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
LIERDEMAN E., MERMET L.	1991	Mise en place d'un observatoire des zones humides. Identification des Zones Humides d'Importance Majeure au plan national.	50 p.	Ministère de l'environnement.	Tous types de milieux	Gestion
LOIRE NATURE	1998	Recueil d'expérience, les actions les plus marquantes du programme	120 p.	Loire Nature, Agence de l'Eau Loire Bretagne	Toutes zones humides	Gestion, restauration
LPO	1995	État de fonctionnement hydraulique des basses vallées angevines	100 p.	LPO	Vallée alluviale	Fonctionnement hydraulique
LPO-MD	1995	Flore et végétation des basses vallées angevines	80 p.	LPO	Vallée alluviale	Faune et flore
LUM K.	1998	Écosystèmes. Les zones humides sous pression	p. 54-59	HYDROPLUS 80	Toutes zones humides	Atteintes
MAIZERET C., OLIVIER L.	1996	Les objectifs de gestion des espaces protégés. Éléments pour la définition des objectifs.	88 p.	ATEN	Tous types de milieux	Évaluation, gestion.
MAMAN L.	1999	La végétation des annexes fluviales, un indicateur pertinent pour leur restauration.	4 p.	Équipe pluridisciplinaire au plan Loire Grandeur Nature	Fleuve	Végétation aquatique
MANNEVILLE O., VERGNE V., VILLEPOUX O. & GROUPE D'ÉTUDE DES TOURBIÈRES	1999	Le monde des tourbières et des marais.	241 p.	Guide Delachaux et Niestlé S.A., Paris	Prairies humides, Tourbières	Typologie, faune, flore
MARSTON R.A.	1994	River entrenchment in small mountain valleys of the western USA : influence of beaver, grazing and clearcut logging.	p. 11/p. 15	Revue de Géographie de Lyon 69/1	Annexes fluviales	Influence du bassin versant
MARTIN (C.)	1998	Suivi écologique des lacs-réservoirs de Champagne, 1993-1997	235 p.	IRBS	Zones humides artificielles	Suivi écologique
MARTINOT J. P. & A. RIVET	1985	Lacs de Montagne, mieux connaître et bien gérer.	36 p.	Parc de la Vanoise	Lac, tourbière d'altitude	Typologie, gestion
MASSOUD Z. & PIBOUBES R.	1994	L'atlas du littoral de France	332 p.	Éditions Jean Pierre de Monza, Paris.	Lagune, vasière	Typologie, menace
MAURIN H., R GUILBOT., J. LHONORE L., L. CHA- BROL. & SIBERT J.-M.	1994	Inventaire et cartographie des invertébrés comme contribution à la gestion des milieux naturels français	252 p.	actes du séminaire tenu à Limoges les 17-19 novembre 1995. Collection Patrimoines Naturels, volume 25 - Paris, Service du Patrimoine Naturel/IEGB/MNHN	Toutes zones humides	Suivi, gestion
MEDWET		Un effort intégré pour la conservation des zones humides méditerranéennes	8 p.	MedWet	Zones humides méditerranéennes	Gestion des milieux



BIBLIOGRAPHIE



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
MESLEARD F. & PERENNOU C.	1996	La végétation aquatique émergente. Écologie et gestion. Conservation des zones humides méditerranéennes	N° 6, 86 p.	Tour du Valat	Zones humides méditerranéennes	Gestion de la végétation
MEYBECK M., DE MARSILY G. & FUSTEC E.	1998	Fonctionnement écologique d'un système fluvial anthropisé	749 p.	ELSEVIER	Cours d'eau et annexes fluviales	Gestion de milieu artificiel
MICHELOT J.-L., MALAVOI J.-R.	1999	Travaux post-crues, bien analyser pour mieux agir	24 p.	GRAIE	Zones humides liées aux cours d'eau	Crues
MICHELOT J.-L.	1995	Gestion patrimoniale des milieux naturels fluviaux. Guide technique	67 p.	Réserves naturelles de France	Annexes fluviales, lits majeurs	Gestion des milieux naturels
MICHELOT J.-L.	1994	Gestion et suivi des milieux fluviaux l'expérience des réserves naturelles	440 p.	Réserves naturelles de France	Annexes fluviales et lits majeurs	Gestion et suivi des milieux
MNHN	1995	Typologie nationale pour les SDAGE-SAGE.		MNHN	Toutes zones humides	Classification
MOURONVAL J.-B.	1999	La réserve du lac du Der-Chantecoq et des étangs d'Ouines et d'Arrigny	32 p.	ONC, Grands Lacs de Seine, Conservatoire du littoral	Zones humides artificielles	Présentation générale
MULLER S.	1995	Prairies, pelouses, alpages et autres herbages, hauts lieux de la biodiversité. In : Forum des gestionnaires : la gestion des milieux herbacés	p. 13-18	Réserves Naturelles de France, Ministère de l'environnement, Espaces naturels de France	Prairies humides	Caractérisation, gestion
MULLER S.	1998	Étude de l'impact des changements des pratiques agricoles sur la biodiversité végétale et la fonction d'épuration des eaux dans les prairies alluviales de Lorraine	23 p.	Rapport de synthèse, Université de Metz	Prairies humides	Pollution, gestion
NELVA A., PERSAT H. & CHESSEL D.	1979	Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance	3 p.	Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 289 (D), 1295-1298	Rivières, fleuves	Suivi
NOWICKI-CAUPIN N.	1988	La recherche française en ornithologie. Association Aménagement - Environnement.	39 p.	SRETIE, Ministère de l'Environnement	Toutes zones humides	Suivi
O.N.C	1992	L'élevage extensif de chevaux pour la gestion d'espaces naturels	64 p.	ONC	Prairies humides	Gestion
O.N.C	1994	Restauration et gestion des zones humides.	64 p.	ONC	Toutes zones humides	Restauration, gestion
OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORETS ET DU PAYSAGE (OFEFF)	1997	Clé de détermination des zones-tampon. Guide pour déterminer des zones-tampon suffisantes du point de vue écologique pour les marais	p. 1-51	L'environnement pratique	Marais	Zone tampon
ONC	1997	L'étang, une question d'équilibre. Principes simples pour la gestion et l'aménagement de l'étang dombiste.	16 p.	ONC Birieux (01)	Étangs	Gestion



Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
OUVRAGE COLLECTIF	1996	Forum des gestionnaires « La gestion de l'eau pour les zones humides »	p. 7-108	Réserves Naturelles de France, Ministère de l'environnement, Fédération des conservatoires régionaux d'espaces naturels	Annexes fluviales, marais, prairies humides	Gestion des milieux
OUVRAGE COLLECTIF	1996	La Rivière, un corridor naturel à gérer. Volume 71. N° 4		Revue de Géographie de Lyon	Cours d'eau et annexes fluviales	Gestion, restauration
OUVRAGE COLLECTIF	1997	Troisième Forum des gestionnaires. Les cours d'eau, des milieux naturels à gérer. De la source à l'estuaire, une cohérence à respecter	115 p.	Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, Les Agences de l'Eau, Le Conseil supérieur de la pêche	Cours d'eau	Gestion des milieux aquatiques
OZENDA P. & PAUTOU	1971	Un essai d'écologie appliquée : la démoustication de la région Rhône-Alpes.	61 p.	E.I.D. & Université de Grenoble.	Marais de Rhône-Alpes	Démoustication
PAUTOU G. & GRUFFAZ R.	1993	Les conséquences de la déprise agricole sur la dynamique de la végétation alluviale : l'exemple de la Réserve Naturelle du Marais de Lavours (Ain).	p. 25-41.	Rev. Ecol. Alp., Grenoble	Marais de Lavours	Atteinte, dysfonctionnement d'origine agricole
PEARCE F.	1996	L'enjeu de l'eau. Conservation des zones humides méditerranéennes	82 p.	Programme Medwet. Tour du valat	Zones humides méditerranéennes	Gestion
PEARCE F. & CRIVELLI A.-J.	1995	Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes	89 p.	Tour du Valat, Conservation des zones humides méditerranéennes, MEDWET 1	Zones humides méditerranéennes	Fonctionnement, usages, valeurs et atteintes
PERRIER A., LEGRAND P. & SADORGE J.-L.,	1996	Animaux domestiques et gestion de l'espace.	100 p.	Dossier de l'Environnement de l'INRA	Toutes zones humides	Gestion et pâturage
PIEGAY H., PAUTOU G., RUFFINIONI C.	À paraître	Les ripisylves dans les hydrosystèmes fluviaux		Institut pour le développement forestier	ripisylve	Fonctionnement
PINAY & DECAMP	1988	The role of riparian woods in regulating nitrogen fluxes between the alluvial aquifer and surface water : a conceptual model. Regulated river 2	p. 507-516	Regulated Rivers	Forêts alluviales	Dénitrification
PINAY, DECAMP, CHAUVET, FUSTEC	1990	Functions of ecotones in fluvial systems. Ecology and management of aquatic terrestrial ecotones. RJ Naiman & H. Décamp.	p. 141-169	Ecls Parthenon, Press Publ.	Forêts alluviales	Dénitrification
POIRIE M. & PASTEUR N.	1991	La résistance des insectes aux insecticides	8 p.	La Recherche 234 Juillet-Août	Toutes zones humides	Démoustication



BIBLIOGRAPHIE



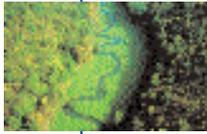
Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
PONT D.	1987	Impact prévisible d'une opération de démolition au BTI sur la faune des milieux aquatiques de Haute-Camargue.	88 p.	Rapport d'étude Parc Naturel de Camargue,	Zones humides méditerranéennes	Démoustication
PUJOL J. L. & DRON D.		Agriculture, monde rural et environnement : qualité oblige.		Rapport officiel, La Documentation Française	Toutes zones humides	Fonctionnement, atteintes
PUSTELNIK G. MACE S. MARCELLY P. ROQUEPLO C. PLEKHOFF K.	1994	Instabilité des berges de la Dordogne. Analyse et propositions d'interventions	36 p.	É.P.I.D.O.R Cemagref	Annexes fluviales	Restauration de berges
RAVIGNAN	1990	L'atlas de la France verte	250 p.	INRA, SCEES. Éditions Jean-Pierre de Monza.	Toutes zones humides	Menaces
REDAUD J.-L.	1995	Mise en place du Plan d'action gouvernemental pour la protection et la reconquête des zones humides	p. 1-48	Rapport de mission Ministère de l'environnement	Toutes zones humides	Protection, gestion, atteintes
RIVER RESTORATION CENTRE	1998	Audit of 20 Rehabilitation Projects		Environment Agency, Thames Region	Toutes zones humides	Restauration de milieux
RIVIERE-EN-ENVIRONNEMENT	1998	Gestion des bordures de cours d'eau	89 p.	Secrétariat d'État chargé de l'environnement	Cours d'eau et annexes fluviales	Gestion des berges
ROULE	1990	Hydrology of headwater basin wetland : ground-water discharge and wetland maintenance	p. 387-400	Hydrological Processes, 4	Zones humides en tête de bassin	Fonctionnement hydraulique
ROUX A.-L.	1982	Cartographie polythématique appliquée à la gestion écologique des eaux	113 p.	CNRS	Cours d'eau et annexes fluviales	Typologie
SADOUL N., WALMSLEY J., ET CHARPENTIER B.	1998	Les salins entre terre et mer. Conservation des zones humides méditerranéennes	96 p.	Programme Medwet. Tour du Valat	Lagune	Gestion
SAENGER T.	1992	L'aménagement des gravières en eau pour la reconquête d'un milieu naturel	p. 287/293	Espaces naturels Rhénans. Bulletin de la société industrielle de Mulhouse. N° 824	Zones humides artificielles	Restauration, aménagements
SERVICE DE LA NAVIGATION, BURGEAP	1994	Expertise écologique de la faisabilité du polder d'Erstein	300 p.	Service de la navigation	Cours d'eau et annexes fluviales	Restauration de crues
SKINNER J., & ZALEWSKI S.	1995	Fonctions et Valeurs des zones humides méditerranéennes	78 p.	Tour du Valat, MedWet	Zones humides méditerranéennes : estuaires, marais, prairies...	Fonctions et valeurs
SRPN, ATELIERS TECHNIQUES	1991	La gestion et la protection de l'espace en 30 fiches juridiques	32 p.	ATEN	Toutes zones humides	Protection
ST GIRONS., MAURIN M.-C., ROSOUX R. & KEITH P.	1993	Les mammifères d'eau douce ; leur vie, leurs relations avec l'homme.	48 p.	Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et SFEPM	Toutes zones humides	Suivi





Auteurs	Date	Titre	Nombre Pages	Éditeur	Zones Humides	Thèmes
STEINBACH P.	1997	Restauration des axes de migrations et des annexes hydrauliques en faveur des équilibres piscicoles	141 p.		Annexes fluviales	Restauration piscicole
STEYAERT P.	1998	Contribution de la recherche à l'élaboration de règles de gestion des eaux de surface	p. 17-22	Agence de l'Eau Adour Garonne	Toutes zones humides	Gestion des milieux aquatiques
STROFFEK S., AMOROS C., ZYBERBLAT M.	1996	La logique de réhabilitation physique appliquée à un grand fleuve : Le Rhône	p. 287-297	Revue de géographie de Lyon - Volume 71, n° 4	Cours d'eau et annexes fluviales	Réhabilitation
SYNDICAT DE L'ORGE AVAL	1998	Charte d'entretien des milieux humides	20 p.	Syndicat de l'Orge aval	Cours d'eau et annexes fluviales	Entretien, fonctionnement
TRIPLETT P., DEBLANGY B. & LEU H.	1995	Plan de gestion de la Réserve Naturelle de la Baie de Somme. Domaine Public Maritime, Parc Ornithologique	130 p.	Syndicat Mixte pour l'Aménagement de la Côte Picarde	Vasières, lagunes, prés-salés	Gestion, étude de cas
TROTIGNON J., WILLIAMS T.	1999	Favoriser la vie des étangs		ATEN	Étangs	Fonctionnement, gestion
VALENTIN-SMITH G ET AL.	1998	Guide méthodologique des documents d'objets. Natura 2000.	144 p.	Quétigny, Réserves Naturelles de France/Atelier technique des Espaces Naturels.	Toutes zones humides	Gestion, protection
VERNIERS G.	1993	Entre terre et rivière. Des zones humides à préserver	48 p.	Agence de l'eau Seine-Normandie	Toutes zones humides	Gestion, protection
VERNIERS G.	1995	Aménagement écologique des berges des cours d'eau. Techniques de stabilisation.	77 p.	GIREA, ETEC, Presses universitaires de Namur (Belgique)	Cours d'eau et annexes fluviales	Protection des berges
VERNIERS G. MICHA J.-C.	1989	Aménagement écologique des berges des cours d'eau navigables	74 p.	Groupe Interuniversitaire de Recherches en Ecologie Appliquée	Cours d'eau	Protection, aménagement, restauration des berges
VOSER-HUBER M.-L.	1992	Verges d'or. Problèmes dans les réserves naturelles	60 p.	Cahier de l'Environnement n° 167, Nature et paysage. Publié par l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et des paysages. Berne.	Prairies humides,	Menaces, espèces exotiques
WILDERMUTH H.	1981	Les gravières	24 p.	Ligue Suisse pour la Protection de la nature	Zones humides artificielles	Fonctionnement, aménagement
ZUCCHI H.	1989	La prairie : un environnement menacé	127 p.	Ulisse Éditions, Paris	Prairies humides	Typologie
Epteau, Malavoi J.R.	1998	L'espace de liberté (guide)	39 p.	SDAGE RMC		





ADRESSES UTILES

ORGANISMES TRÈS IMPLIQUÉS DANS LA GESTION OU L'ÉTUDE DES ZONES HUMIDES

Agence de l'Eau Adour Garonne

90, rue du Férétra, 31078 Toulouse CEDEX 04,
Tél. : 0561 363738, Fax : 0561 363728

Agence de l'Eau Artois-Picardie

200, rue Marceline, BP 818, 59508 Douai CEDEX,
Tél. : 0327999000, Fax : 0327999015

Agence de l'Eau Loire Bretagne

Av. de Buffon, BP 6339, 45063 Orléans CEDEX 02,
Tél. : 0238517373, Fax : 0238517474

Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse

2-4, allée de Lodz, 69363 Lyon CEDEX 07,
Tél. : 0472712600, Fax : 0472712601

Agence de l'Eau Rhin Meuse

Rte de Lessy, Rozerieulles, BP 19, 57161 Moulins les
Metz CEDEX, Tél. : 0387344700, Fax : 0387604985

Agence de l'Eau Seine Normandie

51, rue S. Allende, 92027 Nanterre CEDEX,
Tél. : 0141201300, Fax : 0141201609

ATEN (Atelier Technique des Espaces Naturels)

2, place Vala, 34060 Montpellier, Tél. : 0467043030,
Fax : 0467527793

Cemagref

3, quai Chauveau, 69009 Lyon, Tél. : 0472208787,
Fax : 0478477875

Commissariat Général du Plan

18, rue de Martignac, 75700 Paris 07 SP, Tél. :
0145565100

Compagnie Nationale du Rhône

Cellule hydrobiologie, 3, rue André Bonin, 69316 Lyon
CEDEX 04, Tél. : 0472006976, Fax : 0478299617

Conseil Supérieur de la Pêche

134, avenue Malakoff, 75116 Paris. Tél. : 0145022020,
Fax : 0145012723

Conservatoire des espaces naturels de Franche-Comté

4 bis, rue des Chalets, 25000 Besançon, Tél. :
0381530420, Fax : 0381885564

Conservatoire des sites de Lorraine

7, place Albert Schweitzer, 57930 Fénétrange,
Tél. : 0387030090

Conservatoire Régional des Espaces Naturels

352, route de Genas, 69500 BRON, Tél. : 0478260045
Fax : 0472370629

Conservatoire Régional des Sites Bourguignons

BP 110, 21803 Quétigny, Tél. : 0380719555

Équipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature.

Agence de l'Eau Loire-Bretagne

BP 6339, 45063 Orléans CEDEX 2, Tél. : 0238691828,
Fax : 0238693802

Espaces Naturels de France (ENF)

6 rue Jeanne d'Arc, 45000 Orléans, Tél. : 0238245500,
Fax : 0238245501

GIREA

Unité d'Écologie des eaux douces, université Notre
Dame de la Paix, 5000 Namur, Belgique.

GRAIE (Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les

Infrastructures et l'Eau)

27, boulevard du 11 novembre 1918, 69603
Villeurbanne CEDEX, Tél. : 0472438368,
Fax : 0472439277

IFEN (Institut Français de l'Environnement)

61, bd A. Martin, 45058 Orléans CEDEX 1,
Tél. : 0238797878, Fax : 0238797860

Institut des plaines alluviales, Auen Institut, WWF

Josefstrasse 1, D-7550 Rastat, Allemagne.



Laboratoire ESNM/IEGB, Muséum National d'Histoire Naturelle

36, rue G. St Hilaire, 75005 Paris.

Ministère de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages

20, av. de Ségur, 75302 Paris 07 SP, Tél. : 01 42 19 20 21

Office International de l'Eau

21, rue de Madrid, 75008 Paris, Tél. : 01 45 22 14 67,
Fax : 01 40 08 01 45

Réserve Naturelle de France

3, rue de la Forge, BP 100, 21803 Quétigny CEDEX,
Tél. : 03 80 48 91 00, Fax : 03 80 48 91 01

Secrétariat du plan gouvernemental d'actions pour les zones humides, MATE

20, av. de Ségur, 75302 Paris 07 SP, Tél. : 01 42 19 20 21

Société Nationale de Protection de la Nature

57, rue Cuvier, BP 405, 75221 Paris CEDEX 05,
Tél. : 01 43 20 15 39, Fax : 01 43 20 15 71

Station biologique de la Tour du Valat

Le Sambuc, 13200 Arles. Tél. : 04 90 97 20 13,
Fax : 04 90 27 20 19

Université Pierre et Marie Curie, Paris VI

Laboratoire Universitaire de Géologie Appliquée, 4
place Jussieu, 75252 Paris CEDEX 5, Tél. : 01 44 27 50 18

Université de Dijon

6, bd Gabriel 21000 Dijon, Tél. : 380 67 31 39

AUTRES RÉFÉRENCES CITÉES DANS LE GUIDE

ADASEA des Landes

Cité Galliane, 55, av. Cronstadt, 40000 Mont de Marsan, Tél. : 05 58 85 44 00, Fax : 05 58 85 44 01

ADASEA, Maison de l'agriculture

Route de Mirande – BP 161 – 32003 Auch CEDEX,
Tél. : 05 62 61 79 50 Fax : 05 62 05 80 84

Border Meuse Project Bureau

PO Box 5700, NL6202 MA, Maastricht, Pays-Bas,
Tél. : 31 43 89 73 73

Bureaux d'Études d'Ingénieurs Conseils, Synthec Ingénierie

3, rue Léon Bonnat, 75016 Paris, Tél. : 01 44 30 49 60,
Fax : 01 40 50 92 80

Cellule du suivi du littoral Haut-Normand

4, rue du Colonel Fabien, 76083 Le Havre CEDEX.
Tél. : 02 35 42 60 90, Fax : 02 35 22 47 50

Cemagref, Division Qualité des Eaux

BP 3, 33611 Gazinet CEDEX

Centre d'Observation de la Nature de l'Île du Beurre

69420 Tupin-et-Semons, Tél. : 04 74 56 62 62

CEREOPA Centre d'Étude et de Recherche sur l'Économie et l'Organisation des Productions Animales

16, rue Claude Bernard, 75231 Paris CEDEX 05

CERTU (Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports), l'Urbanisme et les constructions publiques.

9, rue Juliette Récamier. 69456 Lyon CEDEX 06,
Tél. : 04 72 74 59 59

Conseil Général des Landes, Service Environnement

23, rue Victor Hugo, 40000 Mont de Marsan,
Tél. : 05 58 05 40 40, Fax : 05 58 05 41 41

Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres (CELRL)

20, rue de la République, 34000 Montpellier,
Tél. : 04 67 58 05 58

Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Savoie

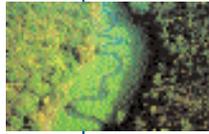
BP 51, 73372 Le Bourget du Lac.

District d'Aménagement du Val de Drôme

BP 331, 26402 Crest CEDEX, Tél. : 04 75 25 43 82,
Fax : 04 75 25 44 96

EID Méditerranée, opérateur public en zones humides

165, rue Paul Rimbaud, BP 6036, 34030 Montpellier
CEDEX 1. Tél. : 04 67 63 67 63. Fax : 04 67 63 54 05



ADRESSES UTILES

Ecosite de Mèze

Route des Salins, 34 140 Mèze, Tél. : 04 67 46 64 80

Entente Interdépartementale Ain-Isère-Rhône-Savoie pour la Démoustication

BP 2, Chindrieux, Tél. : 04 79 54 21 58; Fax : 04 79 54 28 41

Fédération Départementale des chasseurs des Landes

151, av. Georges Clémenceau, 40100 Dax.

Groupe d'Étude des Tourbières :

Centre de Biologie Alpine, UMR Écosystèmes et changements environnementaux, Université Joseph Fourier, Grenoble I

BP 53, 38041 Grenoble CEDEX 9, Tél. : 04 76 51 46 00, Fax : 04 76 51 44 63

INRA-SAD, Centre de Toulouse

BP 27, 31 326 Castanet-Tolosan CEDEX

Institut pour le Développement Forestier

23, rue Bosquet, 75007 Paris

Institution Interdépartementale des barrages-réservoirs du bassin de la Seine

8, rue Villiot, 75012 Paris

LPO (Ligue française pour la Protection des Oiseaux)

Corderie Royale, BP 263, 17 305 Rochefort sur Mer CEDEX, Tél. : 05 46 82 12 34, Fax : 05 46 83 95 86

Office National de la Chasse, gestionnaire de la réserve

1 place Exelmans, 55000 bar le Duc, Tél. : 03 29 79 68 79

Office National de la Chasse, Station de Dombes

Montfort, 01 330 Birieux, Tél. : 04 74 98 19 23, Fax : 04 74 98 14 11

Office National des Forêts

2 av. de St Mandé, 75570 Paris CEDEX 12, Tél. : 01 40 19 58 00

Parc de l'Audomarois, Maison du Parc, le grand Vannage

BP 24, 62 510 Arques, Tél. : 03 21 98 62 98, Fax : 03 21 98 37 05

Parc Naturel de Miribel-Jonage. SYMALIM

Chemin de la Bletta, 69 120 Vaulx-en-Velin, Tél. : 04 78 80 30 67, Fax : 04 72 04 07 95

Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne

Sentier de la plaine Jacquot, Montlosier-près-Randonne, 63 210 Rochefort-Montagne

Petite Camargue Alsacienne, Knibiely

Rue de la Pisciculture, 68 300 st Louis, Tél. : 03 89 69 08 47.

Plage des Îles de Montréal, Secrétariat général du parc des Îles

H3C1A9, Montréal, Québec, Canada.

Réseau ESPACE

Fédération des Parcs Naturels Régionaux de France
4, Rue de Stockholm, 75008 Paris, Tél. : 01 44 90 86 20, Fax : 01 45 22 70 78

Réserve de chasse d'Arjusax. Office National de la Chasse

BP 54, Arjusax, 40 110 Morcenx, Tél. : 05 58 07 97 00, Fax : 05 58 08 12 67

Réserve Naturelle de l'Île de la Platière

Rue César Geoffroy, 38 550 Sablons, Tél. : 04 74 84 35 01, 04 74 84 24 18

Réserve Naturelle de la Mazière.

Sepanlog, Maison de la nature
Rue Baudin, 47 000 Agen, Tél. : 05 53 79 65 95

Réserve Naturelle de la Petite Camargue Alsacienne.

Rue de la Pisciculture, 68 300 Saint-Louis, Tél. : 03 89 69 08 47

Réserve Naturelle des Ramières du Val de Drôme

26 120 La Baume Cornillane, Tél. : 04 75 62 65 00, Fax : 04 75 62 65 11

Réserve Naturelle du marais d'Orx.

Syndicat mixte pour la gestion et l'aménagement du marais d'Orx

Maison Béziers, 40 530 Labenne, Tél. : 05 59 45 42 46



**RSNC, The Green**

Nettleham, Lincoln LN2 2NR, Tél. : 0522 75 23 26,
Royaume-Uni.

Service de la Navigation

2, rue de l'Hôpital Militaire, 67084 Strasbourg CEDEX,
Tél. : 0388767932, Fax : 0388767931

SMIRIL (Syndicat Mixte du Rhône des Îles et des Lônes)

Mairie, 69390 Vernaison, Tél. : 0478460550

Station Biologique de La Tour du Valat

Le sambuc, 13200 Arles, Tél. : 0490972013,
Fax : 0490972019

Syndicat Intercommunal de la vallée de l'Orge aval

163 route de Fleury, 91172 Viry-Châtillon CEDEX,
Tél. : 0169121540

Syndicat intercommunal du plateau de Frasne

Mairie, 25560 Frasne, Tél. : 0381498884,
Fax : 0381897588

Syndicat Mixte de Gestion de l'Étang de l'Or

Chemin des 3 Ponts, 34400 Lunel-Viel, Tél. :
0467711058, Fax : 0467710640

Syndicat Mixte pour l'Aménagement de la Côte Picarde

1, Place de l'Amiral Courbet, 80100 Abbeville,
Tél. : 0322206030

UNFDC (Union Nationale des Fédérations Départementales des Chasseurs)

48, rue d'Alésia, 75014 Paris, Tél. : 0143278576

URPG (Union Régionale des Producteurs de Granulats d'Île de France),

Comité National de la Charte sur les granulats
3, rue Alfred Roll, 75849 Paris, Tél. : 0144014701,
Fax : 0146225974

**Université de Metz, laboratoire de Phytoécologie,
UPRES, EBSE**

Île Saulcy, 57000 Metz, Tél. : 0387315354

Ville de Chateauroux, Service environnement

Place de la République, 36012 Chateauroux CEDEX.

Ville de Strasbourg, Service des espaces verts, des jardins familiaux et des forts, centre administratif

1 place de l'Étoile, BP 1049, 67070 Strasbourg CEDEX,
Tél. : 0388609670

Vitoria : Centro de estudios ambientales

Armentia 23, 01195 Vitoria-Gasteiz, Espagne.





GLOSSAIRE



ABIOTIQUE

Qualifie un espace où il ne peut exister aucune forme de vie.

AÉROBIE

Être vivant ou processus écologique exigeant la présence d'oxygène. (Contraire : anaérobie)

ANAÉROBIE

Organisme ou processus se développant seulement en absence d'oxygène (anaérobiose : vie en milieu dépourvu d'oxygène).

ANTHROPIQUE

Qui est propre à l'homme ou qui résulte de son action.

AQUIFÈRE

Formation géologique poreuse contenant de l'eau.

ATTERVISSEMENT

Passage progressif d'un milieu aquatique vers un milieu plus terrestre par comblement, dû à la sédimentation minérale et à l'accumulation de débris végétaux.

AUTOÉPURATION

Épuration naturelle d'un milieu aquatique par l'intervention de micro-organismes minéralisateurs.

AVIFAUNE

Ensemble des oiseaux.

BASSIN VERSANT

Zone à partir de laquelle les écoulements d'eau convergent vers le cours d'eau principal.

BENTHIQUE

Zone correspondant au fond d'une étendue d'eau.-
Organisme d'un écosystème aquatique vivant au contact du sol ou à proximité immédiate.

BETOIRE

Point absorbant naturel (=aven)

BIO INDICATEUR

Organisme, ou ensemble d'organismes, capable de traduire de façon directe et évidente des modifications qualitatives ou quantitatives de son écosystème. (syn. : indicateur biologique).

BIOCÉNOSE

Totalité des êtres vivants qui peuplent un écosystème donné.

BIODIVERSITÉ

Variété des espèces vivantes peuplant la biosphère ou un écosystème donné.

BIOGÈNE

Matière résultant de l'activité des êtres vivants.
Substance nécessaire à la vie. (Biogenèse : ensemble des processus ayant permis l'apparition de la vie).

BIOMASSE

Masse de la matière organique des communautés végétales ou animales par unité de surface ou de volume estimée à un moment donné.

BIOSPHERE

Portion du globe terrestre hébergeant l'ensemble des êtres vivants et dans laquelle la vie est possible en permanence. Comprend également les substances produites par l'activité des êtres vivants. (syn. : sphère de la vie).

BIOTIQUE

Qui est propre à la vie. - Facteurs écologiques biotiques : liés à l'activité ou au métabolisme d'êtres vivants. (Contraire : abiotique).

BIOTOPE

Milieu, présentant des caractéristiques physiques et chimiques homogènes, constituant l'environnement d'un écosystème donné.

BLOOM ALGAL

Prolifération d'algues, par exemple lors d'une eutrophication.

CLIMAX

Groupement vers lequel tend la végétation d'un lieu dans des conditions naturelles constantes, sans l'intervention de l'homme.

DÉTRITIVORE

Qui a un régime à base de débris organiques (syn. : détritophage).

ÉCOSYSTÈME

Unité écologique constituée d'une biocénose (les êtres vivants) et d'un biotope (le milieu).

ÉCOTONE

Interface entre deux écosystèmes voisins présentant une identité suffisante pour se différencier entre eux et avoir un fonctionnement écologique particulier. (syn. : effet de lisière).

ÉDAPHIQUE

Caractérise un facteur écologique lié aux caractéristiques du sol.

EMBÂCLE

Élément d'obstruction d'un cours d'eau empêchant le bon écoulement des eaux (troncs et branches ayant chutés, blocs, atterrissement...).



**ENDEMIQUE**

espèce indigène d'un lieu donné, et que l'on ne trouve nulle part ailleurs.

EUTROPHE

Se dit d'un écosystème aquatique riche en éléments minéraux nutritifs et en matière organique, dont la production biologique et la biomasse sont élevées.

EUTROPHISATION

Processus naturel d'enrichissement en éléments minéraux nutritifs des eaux d'un écosystème.

HALIEUTIQUE

Discipline étudiant l'exploitation par la pêche.

HALOPHILE

Se dit d'une plante vivant sur un sol salé.

HALOPHYTES

Plantes qui poussent sur des sols salés et dans les marais d'eau salée.

HELIOPHILE

Espèce végétale dont l'activité photosynthétique est maximale en pleine lumière. Espèce animale exigeant un fort ensoleillement pour présenter une activité normale.

HELOPHYTE

Plante aquatique développant un appareil aérien dépassant la surface de l'eau en été, alors qu'en hiver ne subsiste que la couche enracinée dans la vase.

HYGROPHILES

Communauté végétale vivant dans les terrains humides (marécage, berge de cours d'eau, etc.).

INTERTIDALE (ZONE)

Partie d'une côte située entre les limites extrêmes atteintes par les plus fortes marées. (syn. : zone de balancement des marées)

KARST

Relief et structure de plateau calcaire dus à l'érosion (dissolution du calcaire sous l'action de l'eau en gaz carbonique).

LAISSE DE CRUE

Dépôt de limon laissé par une crue sur une zone inondable.

MACROFAUNE BENTHIQUE

Animaux invertébrés et vertébrés, de taille visible à l'œil nu, qui vivent à l'interface de l'eau et du sédiment.

MARNAGE

Variation du niveau des eaux d'un système aquatique stagnant ou courant, naturel ou artificiel, sous l'effet de la marée ou d'une gestion hydraulique imposée par l'homme.

MESOHYGROPHILES

Communauté végétale vivant dans les terrains d'humidité intermédiaire.

MESOPHILES

Communauté végétale vivant dans les terrains drainés (peu humides).

MESOTROPHE

Se dit d'un écosystème aquatique à un état intermédiaire entre les stades oligotrophe et eutrophe.

MÉTABOLISME

Ensemble des transformations chimiques subies par diverses catégories de substances à l'intérieur d'une cellule ou d'un organisme.

NUTRIMENT

Espèce chimique utilisable telle quelle dans l'alimentation des cellules vivantes (azote, phosphore...).

OLIGOTROPHE

Se dit d'un écosystème aquatique pauvre en éléments minéraux nutritifs, très peu chargé en matière organique et renfermant une productivité biologique et une biomasse faibles.

PHYTOCENOSE

Ensemble des végétaux d'un écosystème.

PIONNIER (ÈRE)

Espèce végétale qui a la faculté de coloniser en premier les milieux vierges mais qui tend par la suite à disparaître face à la compétition de nouvelles espèces végétales.

POLDER

Terres conquises par l'homme sur la mer, par endiguement des vasières.

RAMSAR

Convention internationale sur la protection des zones humides adoptée en 1971.

RIPICOLE

Organisme ou communauté vivant au bord des eaux courantes (ex. : roseau, martin-pêcheur).

RIPISYLVE

Forêt riveraine, longeant les berges d'une rivière.





GLOSSAIRE



RIVULAIRE

Qui vit, qui croît dans les ruisseaux, sur leurs bords.

SANSOUIRE

Ensemble des formations végétales basses particulièrement adaptées aux milieux salés et humides, et périodiquement immergées.

SAPROBIE

Association d'organismes aquatiques détritivores vivant dans des eaux riches en matières organiques.

SCHORRE

(Du néerlandais schor = pré-salé). Sédiment à grains fins colonisé par de la végétation, pré-salé (par opposition à slikke).

SLIKKE

(du néerlandais sljik = boue). Sédiment à grains fins sans végétation, ou colonisé par une végétation clairsemée.

TAXON

Toute unité de classification (genre, famille, ordre...). Par extension, on parle aussi de taxons dans la classification phytosociologique (association, alliance...).

TROPHIQUE (RÉSEAU)

Ensemble interconnecté des chaînes alimentaires d'une biocénose.

TURBIDITÉ

Teneur en troubles (matières en suspension) d'une eau.

