

Agir pour les zones humides en RMC

# Fonctionnement des zones humides



Première synthèse des indicateurs pertinents

Mai 2001



## Commission Technique Zones Humides du bassin Rhône-Méditerranée-Corse

### Liste des membres

- **Marie-Thérèse ARNAUD** (Chambre Régionale d'Agriculture Provence-Alpes-Côte d'Azur)
- **Éric BLOT\*** (Agence Régionale pour l'Environnement Provence-Alpes-Côte d'Azur)
- **Joël BROYER** (Office National de la Chasse)
- **Christian BRUNEEL** (Parc Naturel Régional du Haut-Jura)
- **Bernard CHASTAN** (CEMAGREF Lyon)
- **Hervé COQUILLARD** (Conservatoire Rhône-Alpes des Espaces Naturels)
- **Daniel CRÉPIN** (DIREN Languedoc Roussillon)
- **Jean-Claude DAUMAS\*** (Président de la commission jusqu'en mai 2000 – Vice-Président du Comité de Bassin)
- **Pascal DELISLE** (Conseil Général du Territoire de Belfort)
- **Christian DORET** (Agence Régionale pour l'Environnement Provence-Alpes-Côte d'Azur)
- **Guy DYEN** (Conseiller Général de Savoie)
- **Dominique ÉVRARD** (UNICEM Rhône-Alpes)
- **Maurice FERDINAND\*** (Ancien Délégué Régional d'EDF Rhône-Alpes)
- **Jean FLUCHÈRE** (Nouveau Président de la commission – Membre du Comité de Bassin - Délégué Régional EDF Rhône-Alpes)
- **Hélène FOGLAR** (FRAPNA Isère)
- **Guy-François FRISONI** (Projet de Parc Marin international des Bouches de Bonifacio)
- **Patrick GRILLAS** (Station biologique de la Tour du Valat)
- **Jean-Philippe GRILLET\*** (Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres Provence-Alpes-Côte d'Azur)
- **Éric HOYRUP\*** (Direction Départementale de l'Équipement de Savoie)
- **Michel HERSEMUL** (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement Rhône-Alpes)
- **Roger ESTEVE** (Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres Provence-Alpes-Côte d'Azur)
- **Régis FONTAINE** (Union des Fédérations de Pêche du Bassin Rhône-Méditerranée-Corse)
- **Guy OBERLIN** (Vice Président de la commission – Président du Conseil Scientifique du Comité de Bassin - CEMAGREF Lyon)
- **Serge PELAT** (Ancien premier représentant des Prud'hommes de pêcheurs)
- **Bernard POMMET** (Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt du Gard)
- **Vincent RENARD\*** (Union des Fédérations de Pêche du Bassin Rhône-Méditerranée-Corse)
- **Bernard REYNIER** (Conseil Supérieur de la Pêche - Délégation Régionale de Montpellier)
- **Jean Marie VINATIER\*** (Chambre Régionale d'Agriculture Rhône-Alpes).
- Avec la participation de **Claire FONSECA** (Ministère de l'Aménagement du Territoire et l'Environnement détachée auprès du Préfet de l'Isère)
- Secrétariat : **Gérard OLIVIER** et **Jacques FAURE** (DIREN Rhône-Alpes) – **Nathalie SAUR** (Agence de l'Eau RMC)

	<b>Préambule</b>	<b>2</b>
	<b>Mode d'emploi du guide</b>	<b>3</b>
<b>[ PARTIE 1 ]</b>	<b>Caractérisation des zones humides du bassin RMC</b> (définition, structure, fonctionnement, valeurs, menaces et atteintes, actions de conservation)	<b>9</b>
	■ Marais littoraux et lagunes (type 3) ☞ tableau indicateurs	12 23
	■ Zones humides de plaines alluviales (types 5-6) ☞ tableau indicateurs	28 37
	■ Marais et landes humides de plaines, Zones humides de bas fonds en tête de bassin (types 7-10) ☞ tableau indicateurs	42 52
	■ Régions d'étangs (type 8) ☞ tableau indicateurs	58 67
	■ Bordures de plans d'eau (type 9) ☞ tableau indicateurs	72 77
	■ Zones humides artificielles (type 13) ☞ tableau indicateurs	80 87
<b>[ PARTIE 2 ]</b>	<b>Fiches techniques indicateurs</b>	<b>91</b>
	■ Topographie, géomorphologie	92
	■ Occupation des sols	98
	■ Hydrologie de surface	102
	■ Niveaux d'eau	110
	■ Crues et inondations	115
	■ Niveau trophique	120
	■ Niveau trophique en milieu lagunaire	126
	■ Confinement	131
	■ Patrimoine naturel	133
	■ Identification de la qualité des tourbières	139
	<b>Bibliographie</b>	<b>140</b>

En cohérence avec la politique établie au niveau national, le SDAGE du bassin Rhône - Méditerranée - Corse a défini un ensemble de préconisations pour mettre en œuvre une **politique volontariste de préservation et de gestion des zones humides du bassin**, y compris celles de petite superficie. Une **commission technique a été mise en place pour suivre et coordonner cette politique**.

L'ensemble de ces préconisations est regroupé autour de quatre axes :

- **Inventorier les zones humides**
- **Caractériser des zones humides**
- **Changer les processus techniques et décisionnels concourant à leur disparition et développer des outils de gestion**
- **Informers et sensibiliser**

La **définition d'indicateurs physiques, biologiques et socio-économiques** est donc un **thème prioritaire** au niveau du bassin Rhône-Méditerranée-Corse. Dans cet objectif, une réflexion a été lancée pour réaliser un **état de la connaissance** et identifier des **indicateurs opérationnels et pertinents** permettant de décrire le fonctionnement et la valeur patrimoniale des différents milieux humides.

La **synthèse de ce travail est l'objet de ce guide qui est donc destiné aux opérateurs de terrain (conservatoires, techniciens de rivières,...) impliqués dans la gestion et le suivi de sites**. Il ne s'agit que d'une première étape qui devra être complétée par les résultats du Programme National de Recherche sur les Zones Humides et les remarques des opérateurs de terrain en fonction de leurs premiers retours d'expérience.

Ce guide se veut **être une "boîte à outils"** où chaque gestionnaire trouvera les informations lui permettant de définir le protocole de suivi et/ou de réhabilitation adapté à son propre milieu et aux contraintes spécifiques qui le caractérisent. Pour faciliter cette approche, le guide propose des schémas didactiques, permettant une compréhension globale et synthétique du fonctionnement des différentes zones humides et des indicateurs associés.

Au niveau du bassin Rhône-Méditerranée-Corse, ces indicateurs faciliteront l'établissement d'un diagnostic (tendances évolutives, natures des menaces, principaux axes de gestion...), et la mise en œuvre d'un suivi dans le tableau de bord SDAGE.

Ce document est composé de deux parties :

- La première partie est une présentation des grands types de zones humides du bassin RMC et des fonctions et valeurs qui leur sont associées. Pour chacune de ces zones humides, un tableau propose une sélection d'indicateurs pertinents pour caractériser le fonctionnement de ces milieux (flux hydriques, flux de matières minérales ou organiques...), ainsi que les contraintes et les enjeux liés à leur conservation et à leur gestion.
- La seconde partie est constituée des fiches techniques sur les principaux indicateurs adaptés pour établir et/ou assurer un suivi de la gestion de tels milieux.

[ PARTIE 1 ]

## Présentation des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée-Corse

### 1 ■ Les différents types de zones humides du bassin et la démarche de mise en place des indicateurs

Un tableau général, élaboré par le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris en 1996 et adopté au niveau national distingue 13 types de zones humides (voir page 11).

Pour chacune d'elles est rappelé l'intitulé du type SDAGE, les sous-types qui s'y rapportent, la définition adaptée au bassin RMC et quelques exemples dans ce bassin.

En fonction de leur représentativité dans le bassin RMC, **huit types de zones humides sont décrits** dans ce document (certains types sont regroupés par 2).

Ils sont détaillés dans cette première partie :

- les marais et lagunes côtiers (types 3),
- les plaines alluviales (types 5-6),
- les régions d'étangs (type 8),
- les bordures de plans d'eau (type 9),
- les marais et landes humides de plaines, les zones humides de bas fonds en tête de bassin (types 7-10),
- les zones humides artificielles (type 13).

**Certains types de zones humides ne sont pas décrits de façon précise, pour différentes raisons :**

- le type 1 (grands estuaires) n'existe pas dans le bassin RMC,
- le type 2 (baies et estuaires moyens-plats) est extrêmement peu représenté dans le bassin ; on pourrait sans doute y rattacher l'embouchure du Grand Rhône en Camargue,
- les types 4 (marais saumâtres aménagés) et 12 (marais aménagés dans un but agricole) sont profondément artificialisés ; leur fonctionnement se rapproche de celui des milieux dont ils sont issus (selon les cas, lagunes, plaines alluviales, marais de plaine...),
- les types 5 (ripisylve) et 6 (plaines alluviales) sont regroupés dans la mesure où leur distinction est délicate et où les problématiques sont globalement identiques.
- le type 11 (zones humides ponctuelles) concerne principalement les mares. On peut largement considérer que le fonctionnement de ces zones humides est le même que celui des étangs, à la différence d'échelle près.

On appelle "indicateurs" les "variables mesurables permettant de caractériser un écosystème" (Grillas in Vives 1996).

La plupart des indicateurs visent à évaluer directement les facteurs qui influent sur le milieu : niveau d'eau, teneur d'une eau en sel, pression de pâturage...

Les "indicateurs biologiques" sont des variables portant sur la flore ou la faune, et visant à évaluer le milieu d'une façon globale. Ainsi, l'analyse des peuplements d'invertébrés aquatiques permet de disposer d'une image de la qualité du milieu aquatique au cours des derniers mois ou années, tandis qu'une analyse physico-chimique est ponctuelle dans le temps. Toutefois, ces indicateurs sont souvent difficiles à utiliser, faute d'une connaissance suffisante des besoins écologiques des espèces.

Le choix des indicateurs pertinents, pour mettre en œuvre un suivi ou engager une étude, dépend des problèmes qu'il s'agit de résoudre. Dans les sélections retenues ici, les indicateurs doivent permettre de répondre aux questions suivantes :

- à quelle zone humide suis-je confronté? Comment puis-je la décrire? Comment est-elle structurée?

Définition, descriptif de la zone humide à partir d'éléments structurels (la localisation, types de milieu, la superficie par habitat, l'hétérogénéité des habitats, la fragmentation, l'occupation du sol,...)

- Comment fonctionne ce milieu?

Éléments dynamiques (flux hydriques, biologiques ou géochimiques par exemple)

- Quelle est sa valeur tant du point de vue patrimonial que social ou économique?

Évaluation des fonctions assurées (processus "naturels" ou "physiques" spécifiques aux zones humides), prise en compte de ses valeurs intrinsèques et/ou des flux économiques générés (ressources naturelles exploitées...).

- Subit-elle des menaces ou des atteintes et quels sont les enjeux de sa conservation?

Évaluation générale des menaces et plus généralement des facteurs anthropiques pouvant agir sur l'avenir de cette zone humide, comme par exemple :

- les changements de superficie et d'effectifs,
- les changements du régime hydrologique et de la qualité des eaux,
- l'évolution des usages,
- l'évolution des menaces et des facteurs influençant l'état de la zone,
- ...

- Quelles sont les actions que je peux mettre en œuvre pour maintenir et/ou rétablir les valeurs de cette zone humide?

Présentation des actions de gestion, de restauration de milieu ou de réduction des impacts d'aménagements et des modalités des suivis permettant d'évaluer leurs résultats.

Les indicateurs permettant de définir, puis de réaliser ces différentes étapes sont regroupés dans un **tableau de synthèse**.

La démarche proposée dans le guide est synthétisée dans le schéma ci-contre.

13 types de zones humides

8 types de zones humides en RMC dont 2 types regroupés

- T 3 Marais littoraux et lagunes
- T 5-6 Zones humides de plaines alluviales
- T 7-10 Marais et landes humides de plaines, zones humides de bas fonds en tête de bassins
- T 8 Régions d'étangs
- T 9 Bordures de plans d'eau
- T 13 Zones humides artificielles

pour chaque type de zone humide étudiée

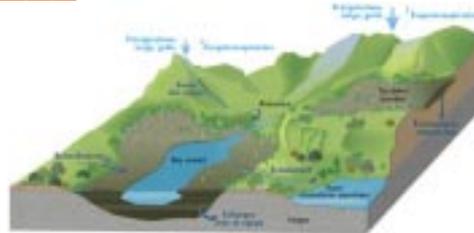
définition

structure

fonctionnement :  
 • flux hydriques,  
 • flux de matières minérales  
 • flux de matières organiques

**schémas de fonctionnement récapitulatifs**

Flux hydriques



valeurs

menaces et enjeux de conservation

actions de restauration et de gestion

Tableaux des indicateurs

	Indicateurs ou famille d'indicateurs	Nature des données (mode de représentation)	Phénomènes révélés par l'indicateur
Structure de la zone humide	intitulé		
Caractérisation du fonctionnement			
Caractérisation de la valeur		comment faire ou *renvoi à une fiche technique	
Menaces et enjeux de conservation			
Phénomènes induits			
Actions de restauration et de gestion			que signifie cet indicateur

**Fiches techniques "indicateurs"**

- Définition
- Objectifs
- Éléments de méthode
- Déclinaisons selon les types de zones humides

[ PREMIÈRE PARTIE ]

[ DEUXIÈME PARTIE ]

## 2 ■ Comment naviguer dans les tableaux "indicateurs" ?

Les tableaux proposent pour chaque type de milieu une synthèse des indicateurs utilisables en matière de caractérisation des zones humides et d'élaboration d'une grille d'évaluation.

Les indicateurs prioritaires, indispensables à connaître pour effectuer une bonne évaluation du milieu et un suivi pertinent sont indiqués par une flèche orange ➔.

Ces tableaux sont avant tout des outils d'information, d'orientation et d'aide à la gestion. Il est clair que chaque zone humide est unique et chaque gestionnaire est confronté à des problèmes spécifiques. Néanmoins, les tableaux "indicateurs" ont été établis de telle sorte qu'un maximum de cas soient représentés

Deux clefs d'entrée peuvent être utilisées selon la problématique posée :

- **caractérisation** de la zone humide : aspects structurels et fonctionnels
- **enjeux de gestion** : atteintes, menaces et actions de conservation.

**Caractérisation** ■ Structure de la zone humide  
 Caractérisation de son fonctionnement  
 Caractérisation de la valeur

**Enjeux de gestion** ■ Menaces et enjeux de conservation  
 Phénomènes induits  
 Actions de restauration et de gestion

**Le gestionnaire peut donc entrer dans le tableau soit par rapport aux caractéristiques du milieu qu'il gère soit par rapport à des contraintes de gestion ou des atteintes auxquelles il doit faire face.** Un même indicateur peut donc apparaître dans plusieurs lignes du tableau s'il répond à différentes problématiques : un indicateur de flux biogéochimiques (caractérisation), par exemple, peut aider à analyser un phénomène d'eutrophisation (enjeux de gestion).

La sélection d'indicateurs s'appuie sur des **variables d'état** d'une part, sur des **variables de flux** d'autre part.

Ainsi pour évaluer une modification dans le domaine du fonctionnement hydrologique on pourra étudier :

- la salinité qui est une variable d'état,
- ou le débit des cours d'eau et les échanges avec la mer qui sont des variables de flux.

Les tableaux classent (en lignes) ces indicateurs en fonction de la problématique posée (caractérisation, enjeux de gestion...) et fournissent (en colonnes) des informations sur la nature des données à rechercher et leur mode de représentation, et enfin sur leur pertinence vis-à-vis des phénomènes que l'on souhaite suivre ou évaluer, selon le schéma suivant :

	■ Indicateurs ou famille d'indicateurs	■ Nature des données à rechercher	■ Phénomènes révélés par l'indicateur
Structure de la zone humide	(intitulé)	comment faire ou renvoi à une fiche technique	(que signifie cet indicateur)
Caractérisation du fonctionnement			
Caractérisation de la valeur			
Menaces et enjeux de conservation			
Phénomènes induits			
Actions de restauration et de gestion			

\*Dix des indicateurs sélectionnés ont fait l'objet d'une fiche descriptive présentée en deuxième partie de ce document. La "liste" des indicateurs mentionnés dans les tableaux n'est évidemment pas exhaustive et pourra être complétée. Elle permet pourtant d'orienter le gestionnaire en fonction de ses préoccupations de gestion. Celui-ci pourra bien entendu adapter les indicateurs au milieu qu'il gère en fonction de ses contraintes naturelles et anthropiques.

## [ PARTIE 2 ] **Fiches techniques "indicateurs"**

Il n'est pas possible de décrire en détail les milliers d'indicateurs susceptibles d'être utilisés à propos des zones humides. Nous avons choisi de présenter dans la seconde partie de ce guide 10 grandes familles d'indicateurs, regroupant certains des plus pertinents. Ces fiches permettent au gestionnaire de mieux comprendre l'utilité et l'utilisation de ces indicateurs.

Elles concernent les thématiques suivantes :

- Topographie, géomorphologie - *Comprendre la structure physique de la zone humide*
- Occupation des sols - *Évaluer les habitats et l'impact des activités humaines*
- Hydrologie de surface - *Connaitre l'alimentation en eau de de la zone humide*
- Niveaux d'eau - *Suivre les fluctuations des eaux de surfaces et souterraines*
- Crues et inondations - *Comprendre l'importance des zones humides pour la rétention des eaux de surface*
- Niveaux trophiques - *Évaluer la richesse nutritive des zones humides*
- Niveaux trophiques en milieu lagunaire - *Mesurer les risques d'eutrophisation dans ces milieux sensibles*
- Confinement - *Comprendre l'importance du renouvellement des eaux dans les lagunes*
- Patrimoine naturel - *Apprécier la richesse biologique des zones humides*
- Identification de la qualité des tourbières - *Appréhender une typologie complexe*

Ces fiches présentent :

- la définition de l'indicateur,
- les objectifs qu'il permet d'atteindre,
- le champ d'application de l'indicateur (pour quel type de zone humide et à quelle échelle),
- des éléments de méthodes incluant un maximum de renseignements quant aux coûts et à la facilité de mettre en œuvre ces méthodes,
- un programme de suivi et **la déclinaison de l'indicateur par type de zone humide étudiée en RMC.**

Elles incluent des références à des documents bibliographiques et/ou des personnes à contacter pour obtenir un maximum de détails sur la ou les méthode(s) préconisée(s) et choisie(s) par le gestionnaire.

## DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

## DOCUMENTS GÉNÉRAUX

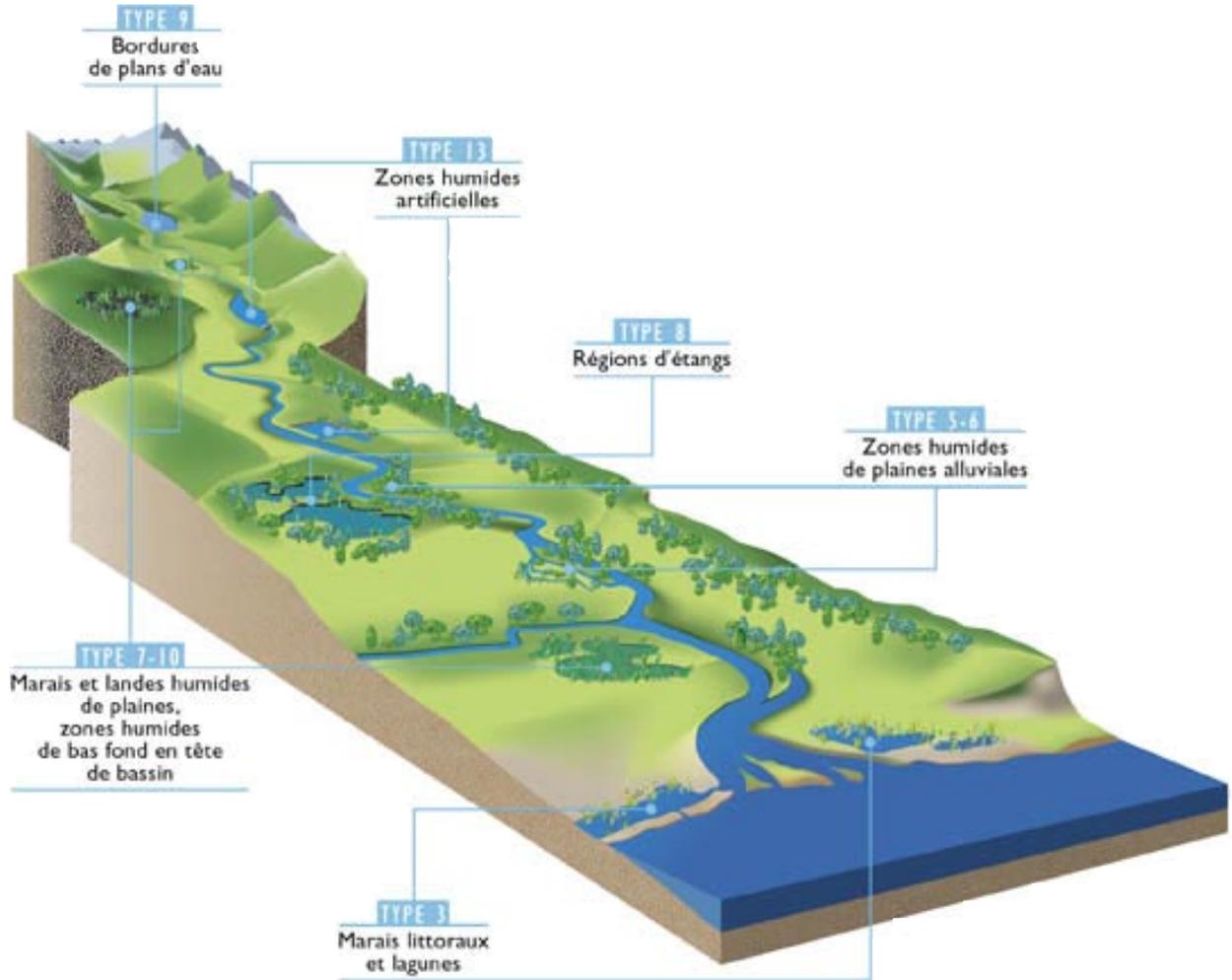
- Les zones humides, Rapport de l'instance d'évaluation. septembre 1994.  
La documentation française.
- **Les zones humides et la ressource en eau**, guide technique interagences. Ce document dresse un large tour d'horizon sur les zones humides : caractéristiques, fonctions, stratégies de gestion, actions, suivi, études de cas,...
- Publications du SDAGE RMC :
  - **Note technique N°4** : "Agir pour les zones humides RMC  
Les priorités du bassin". Édition octobre 2000
  - **Note technique N°5** : "Agir pour les zones humides RMC  
Politique d'inventaires : objectifs et méthodologie". Édition octobre 2000
- Documents à venir : présentation du programme national de recherche sur les zones humides.

PUBLICATIONS  
SPÉCIALISÉES

- Guides interagences :
  - végétation des retenues marnantes
- Guides du SDAGE RMC :
  - **Guide technique N° 1** : "la gestion des boisements de rivière"  
Fascicule 1 : "Dynamique et fonctions de la ripisylve"  
Fascicule 2 : "Définition des objectifs et conception d'un plan d'entretien" Édition  
Septembre 1998
  - **Guide technique N° 2** : "Détermination de l'espace de liberté  
des cours d'eau" Édition novembre 1998
- Zones humides méditerranéennes : guides éditées dans le cadre  
du programme Medwet (station biologique de la Tour du Valat)
- Techniques de gestion : guides de l'Atelier Technique des Espaces Naturels

# Caractérisation des zones humides





# Les différents types de zones humides

## Bassin Rhône - Méditerranée - Corse (classification SDAGE)

Types SDAGE	Définition RMC	Sous-types	Exemples RMC
<b>E A U X M A R I N E S</b>			
1 <b>Grands estuaires</b>	Larges embouchures de fleuve dans les eaux marines, soumises à l'action des marées (< 6 m)		non présent en RMC
2 <b>Baies et estuaires moyens-plats</b>	Embouchures de cours d'eau dans les eaux marines où l'influence de la marée n'est pas prépondérante	Vasières, herbiers, prés-salés	Embouchure du Grand Rhône, les baies de RMC ne sont pas des zones humides
3 <b>Marais et lagunes côtiers</b>	Milieu littoral saumâtre à faible renouvellement des eaux et au fonctionnement globalement naturel	Marais pré-salés lagunes arrières-dunes sansouires	Étangs du Languedoc Étang de Biguglia Camargue laguno-marine
4 <b>Marais saumâtres aménagés</b>	Milieu littoral saumâtre à faible renouvellement des eaux et au fonctionnement profondément artificialisé	Marais salants Bassins aquacoles	Salines de Camargue
<b>E A U X C O U R A N T E S</b>			
5 <b>Bordures de cours d'eau et plaines alluviales</b>	Ensemble des zones humides du lit majeur du cours d'eau	Grèves nues ou végétalisées, annexes fluviales, ripisylves, prairies inondables	Ripisylve de l'Ardèche Îles de Chautagne Grèves de la Durance Marais de Lavours Val de Saône
<b>E A U X S T A G N A N T E S</b>			
7 <b>Zones humides de bas fonds en tête de bassin</b>	Zones humides de tête de bassin alimentées par les eaux de ruissellement et les eaux de pluie	Tourbières, milieux fontinaux prairies humides, prairies tourbeuses, podzines	Tourbières du Drugeon Col de Carabès Pozzines corses
8 <b>Régions d'étangs</b>	Système de plans d'eau peu profonds d'origine anthropique	Étangs isolés	Dombes, Bresse Bonneveau
9 <b>Petits plans d'eau et bordures de plans d'eau</b>	Zones littorales et zones annexes de milieux stagnants profond à héliophytes et hydrophytes (6 m)	Bordures de lacs, prairies humides, prairies tourbeuses	Lac du Bourget Lacs de Vanoise Lacs du Jura
10 <b>Marais et landes humides de plaine et plateaux</b>	Milieux humides déconnectés des cours d'eau et plan d'eau pouvant être temporairement exondés, connectés à la nappe ou pas	Plateau imperméable, zones de sources, tourbières, pré-salés	Marais des Echets Plaine des Maures Marais de Suze-la-Rousse
11 <b>Zones humides ponctuelles</b>	Plans d'eau isolés peu profonds permanents ou temporaires	Réseau de mares ou mares permanentes ou temporaires, naturelles ou créées par l'homme	Mares des régions d'élevage
12 <b>Marais aménagés dans un but agricole</b>	Zones humides aménagées dans un but agricole et sylvicole, intensifs	Rizières (T3) Prairies amendées (T6 ou T10) Peupleraies (T6 et T10)	p.m
13 <b>Zones humides artificielles</b>	Milieux humides d'eau douce résultats d'activités anthropique dont le but premier n'est pas la création de zone humide	Contre-canaux Carrières en eau Bassins aquacoles intensifs	Marais de l'Étournal Gravières de Miribel-Jonage Contre-canaux du Rhône

A gauche :  
paysage de la Camargue  
"laguno-marine"

A droite :  
berges du Vaccarès, dans  
la Camargue "fluvio-lacustre",  
où les teneurs en sel sont  
beaucoup plus faibles,  
permettant la présence  
des roseaux



# Marais littoraux et lagunes

## [ 1 ]

### Définition

**"Les lagunes sont des étendues d'eau de mer comprise entre la terre ferme et un cordon littoral (lido), généralement percé de passes (graus)".**

*Le Petit Robert*

" Milieu littoral saumâtre à faible renouvellement des eaux et au fonctionnement globalement naturel. D'un point de vue hydrologique, les lagunes sont en contact permanent ou temporaire avec la mer ; elles entretiennent également des relations avec leurs marais périphériques qui pour leur part (marais sensu stricto) ne sont pas en contact direct avec la mer."

Les sous-types présents dans notre bassin sont les lagunes, les marais, les prés-salés, les dépressions d'arrières dunes et les sansouires. Ces milieux sont également appelés "paraliques" (Guelorget et Perthuisot 1984).

De superficies très variées, les marais et lagunes côtiers sont présents sur tout le littoral méditerranéen en Languedoc Roussillon, en Provence et en Corse.

Le rapport d'évaluation du Commissariat au Plan mentionne que ces milieux se sont nettement dégradés au cours de la période 1960-1980, en particulier d'un point de vue qualitatif, à la suite de l'urbanisation littorale d'une part et de la transformation des marais salants en bassins aquacoles d'autre part.

## [ 2 ]

### Structure

#### 2.1 ■ Les lagunes

**Leur fonctionnement est largement dépendant des relations qu'elles entretiennent avec la mer.**

La profondeur des lagunes est généralement faible (de l'ordre du mètre) mais il existe des milieux dont la profondeur est plus importante (une dizaine de mètres : Thau, Berre).

L'origine géomorphologique conditionne généralement cette profondeur :

- les lagunes, issues de déplacements sédimentaires, sont peu profondes et leurs rives sont basses ;
- les plans d'eau résultant de mouvements tectoniques ou érosifs (rias, bassins ou "bahira") sont plus profonds et possèdent souvent un littoral rocheux.

La communication plus ou moins permanente entre la lagune et la mer se fait par l'intermédiaire de "graus". Entre les lagunes et leurs marais périphériques, elle s'effectue par l'intermédiaire de chenaux.

Au sein d'un système lagunaire, le "confinement" (Guelorget et Perthuisot 1984) mesure l'éloignement de la relation avec la mer, c'est-à-dire la diminution des échanges avec celle-ci. Il dépend de l'hydrodynamisme interne qui conditionne également la distribution des flux de matières minérales et organiques à l'intérieur de la lagune.

En fonction du degré de confinement (cf. fiche "confinement" p. 131), et de la variabilité locale de la salinité (paramètre structurant) on peut distinguer plusieurs types de milieu dont les extrêmes sont :

- les milieux confinés, éloignés de l'influence marine (loin des graus, dans des baies isolées...) caractérisés par un petit nombre d'espèces (faible richesse spécifique, faible diversité) dont certaines sont strictement inféodées aux milieux lagunaires et souvent présentes en abondance (forte densité, forte biomasse);
- les milieux en relation plus directe avec la mer où les peuplements sont plus riches, plus diversifiés et abritent des espèces strictement marines (échinodermes par exemple...).

## 2.2 ■ Les marais littoraux

La profondeur des marais ne dépasse généralement pas un mètre.

Contrairement aux lagunes les marais littoraux ne sont pas en communication continue avec la mer.

Les peuplements caractéristiques, bien que n'étant pas à affinité marine, ne sont pas pour autant constitués d'espèces strictement d'eaux douces. Les organismes présents sont adaptés à une large gamme de salinité et à de fortes fluctuations des conditions de milieu.

## [ 3 ] Fonctionnement

### 3.1 ■ Les lagunes

Le système hydraulique des lagunes est conditionné par le rapport entre entrées d'eau douce, échanges avec la mer et évaporation.

#### ⇒ Flux hydriques

Le bilan hydrique d'une lagune dépend de trois facteurs : les apports d'eau douce, les échanges avec la mer et les pertes par évaporation.

**Les apports d'eau douce comprennent :**

- les apports du bassin versant (ruissellement et cours d'eau),
- les apports pluviométriques (précipitations) directs qui peuvent être prépondérants dans les lagunes et marais dont les bassins versants sont réduits,
- les apports par les canaux de navigation ou d'irrigation,
- les apports souterrains (sources, résurgences en terrain karstiques, nappes phréatiques).

**Les échanges entre mer et lagune ou entre lagune et autre écosystème aquatique sont également importants.**

L'essentiel des échanges avec la mer se fait par l'intermédiaire des graus. Deux facteurs prépondérants interviennent dans la dynamique de ces échanges :

- les vents qui provoquent des différences de niveaux entre mer et lagunes favorisant le remplissage ou la vidange de ces dernières,
- les marées.

Les marées barométriques liées aux situations dépressionnaires ont un rôle plus important que les marées semi-diurnes (ou lunaires).

L'influence de la marée lunaire ne se fait sentir que pour des lagunes de faible profondeur et de petite superficie, en relation étroite avec la mer ; elle est alors décroissante depuis le grau.

**Les pertes par évaporation (influencées par le vent) interviennent fortement dans le bilan hydrique annuel des lagunes.**

**La circulation des masses d'eaux à l'intérieur d'une lagune est essentiellement régie par le régime des vents et par la forme du bassin (profondeur, tracé des rives, présence d'îles, de goulets,...).**

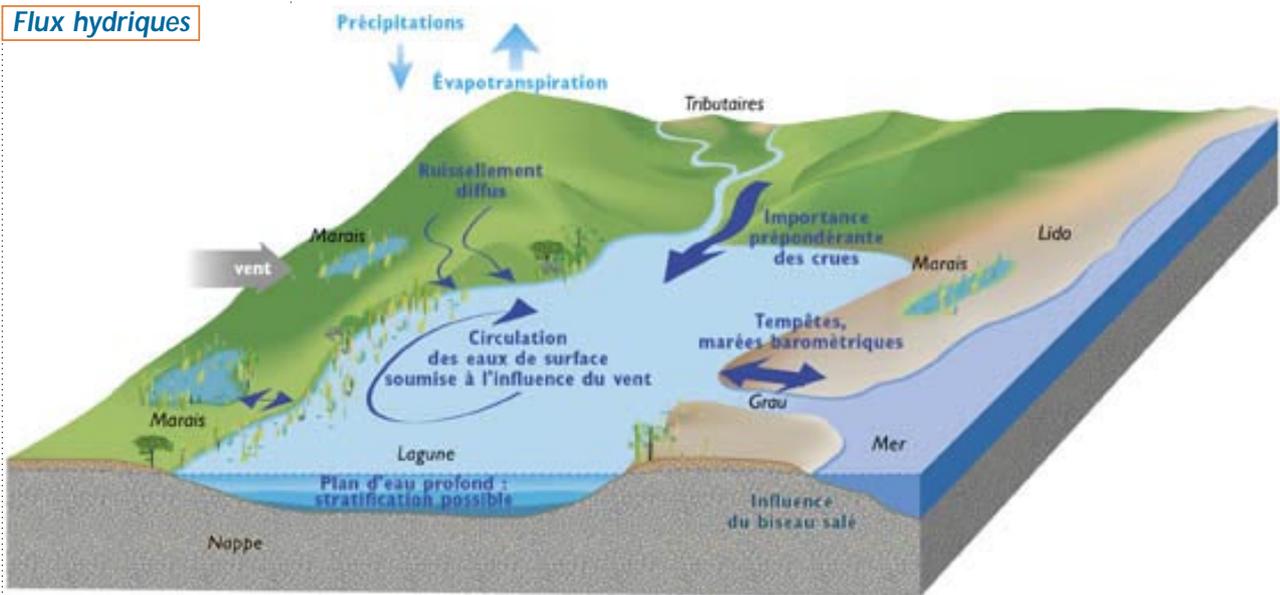
Flux hydriques...

Le vent favorise le brassage des eaux et leur oxygénation optimale. Dans les bassins de grande taille, il est susceptible de mettre en mouvement tout ou partie de la colonne d'eau et d'isoler des masses d'eau (en cellules plus ou moins autonomes). Il existe cependant un rapport surface/profondeur en deçà duquel l'influence du vent n'est sensible que dans les couches superficielles.

En l'absence de brassage, une stratification des eaux peut apparaître. Les masses d'eau superposées sans échange entre elles, présentent des caractéristiques très différentes (oxygénation, température, salinité,...).

Cette stratification naturelle des masses d'eau doit être identifiée et prise en compte en cas de "malaïque".

Flux hydriques



La forte production et l'accumulation organique est à l'origine de crises entraînant la mortalité des organismes lagunaires.

⇒ Flux minéraux, flux de matières organiques, structure des biocénoses

Le fonctionnement naturel et la structure des écosystèmes paraliques conditionnent les flux d'éléments minéraux et organiques et favorisent la production et l'accumulation des matières.

Les apports en composés azotés et phosphorés proviennent essentiellement du bassin versant (lessivage des terres agricoles, effluents d'origine urbaine ou agroalimentaire,...). Ils constituent la source nutritive des végétaux et sont à la base de la forte production biologique des milieux lagunaires. Les micro-organismes (bactéries) participent à la minéralisation de la matière organique fournissant le substrat nécessaire à de nouvelles productions biologiques.

En fonction des fluctuations climatiques ou de l'importance des communications avec la mer (degré de confinement) et le bassin versant, ces flux connaissent des variations naturelles importantes. Celles-ci peuvent se traduire par des déséquilibres fugaces mais intenses (également appelés "crises dystrophiques" ou "malaïques") occasionnant une forte mortalité de la faune peu mobile.

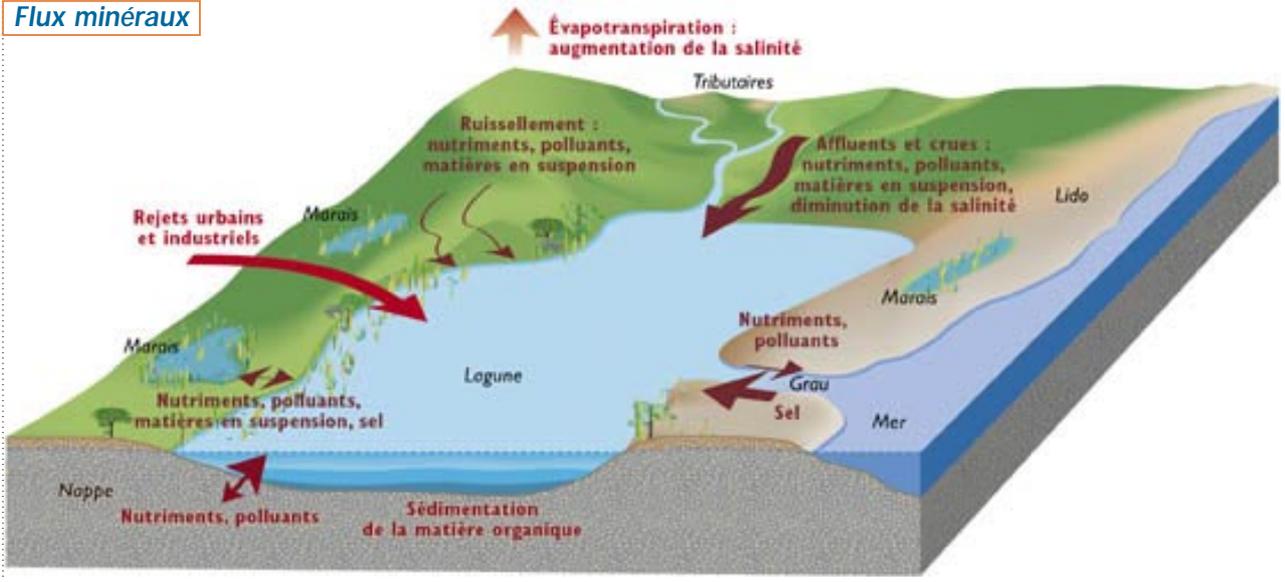
Le gradient bio-hydrochimique d'éléments vitaux (oligo-éléments, sels nutritifs, éléments traces,...) qui s'établit entre le grau et les zones les plus confinées conditionne la diversité biologique des milieux lagunaires et se traduit par une zonation des espèces et des biocénoses (cf. fiche "confinement").

Le long de ce gradient, les particularités structurelles (espèces, communautés présentes,...) et fonctionnelles (densité, biomasse, production, établissement de chaînes alimentaires,...) des différentes biocéroses évoluent fortement.

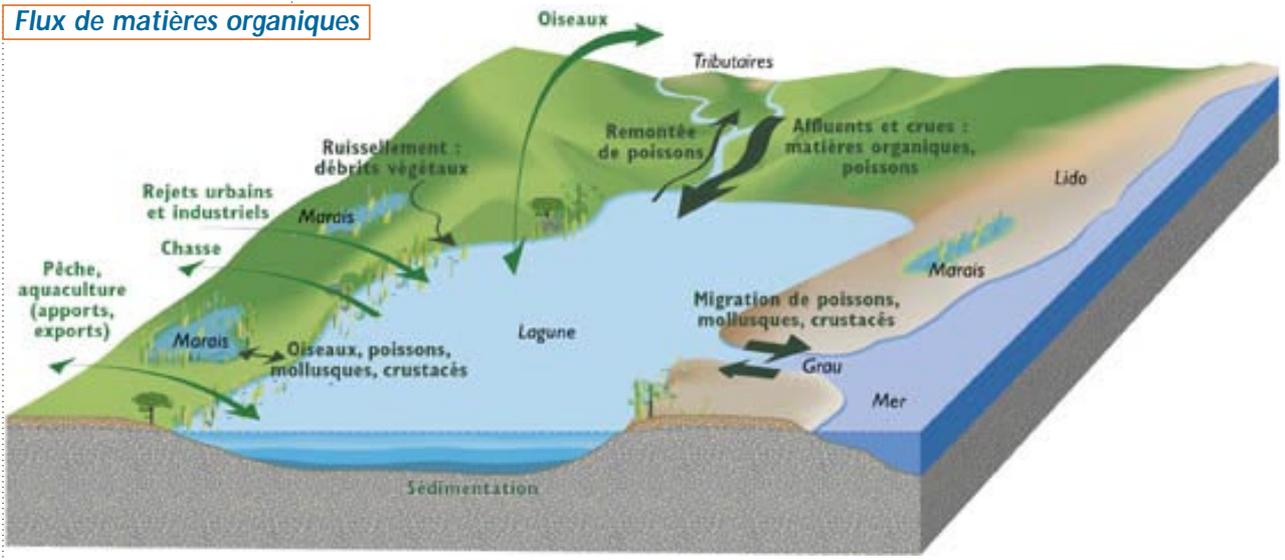
La production biologique des milieux lagunaires favorise la reproduction et garantit le développement de nombreux organismes vivants, à certaines étapes de leur existence :

- la plupart des espèces, poissons, crustacés, mollusques, présents dans ces milieux se reproduisent en mer et viennent en lagune pour assurer leur croissance ou leur maturation sexuelle,
- de nombreux des oiseaux, présents dans ces milieux fréquentent aussi la mer, les marais, voire d'autres zones géographiques..., assurant ainsi un échange entre le milieu lagunaire et d'autres écosystèmes.

**Flux minéraux**



**Flux de matières organiques**



## Marais littoraux et lagunes

**Dans les lagunes les plus “confinées”** : la production biologique, favorisée par la richesse nutritive des eaux est particulièrement élevée. Elle se traduit par des développements de végétaux (notamment des algues) et parfois par des processus d'eutrophisation. Les accumulations de matières organiques (sous forme de vase) sont importantes. Cette eutrophisation naturelle conduit parfois à l'apparition de crises ou “malaïgues” au cours desquelles il n'y a plus d'oxygène disponible conduisant à la mortalité massive de la faune peu ou pas mobile. Largement amplifié par les apports ou les aménagements d'origine anthropique, ce processus naturel fait intervenir le cycle du soufre (dégagement d'H<sub>2</sub>S,...) pour assurer la reminéralisation des accumulations organiques et permettre ainsi le redémarrage du cycle de la matière (production primaire, consommation,...).

**Dans les lagunes les moins confinées**, les importants échanges avec la mer atténuent la richesse nutritive des eaux lagunaires, assurant une stabilité relative des écosystèmes et le maintien de leur diversité biologique.

L'accumulation organique y est limitée, les phénomènes d'eutrophisation ou de “malaïgue” sont plus rares. La production végétale et animale, moins élevée que dans les zones confinées, est en partie transférée vers la mer par le jeu des échanges hydrauliques et des migrations biologiques.

### 3.2 ■

Les marais littoraux sont isolés par rapport à la mer durant la plus grande partie du temps.

## Les marais littoraux

Les différences entre les marais littoraux et les lagunes résultent essentiellement de leur fonctionnement hydrique et de leurs dimensions (surface-profondeur) en connexion avec la mer.

La plupart des marais littoraux ont un fonctionnement anthropique géré par l'homme dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse.

### ⇒ Flux hydriques

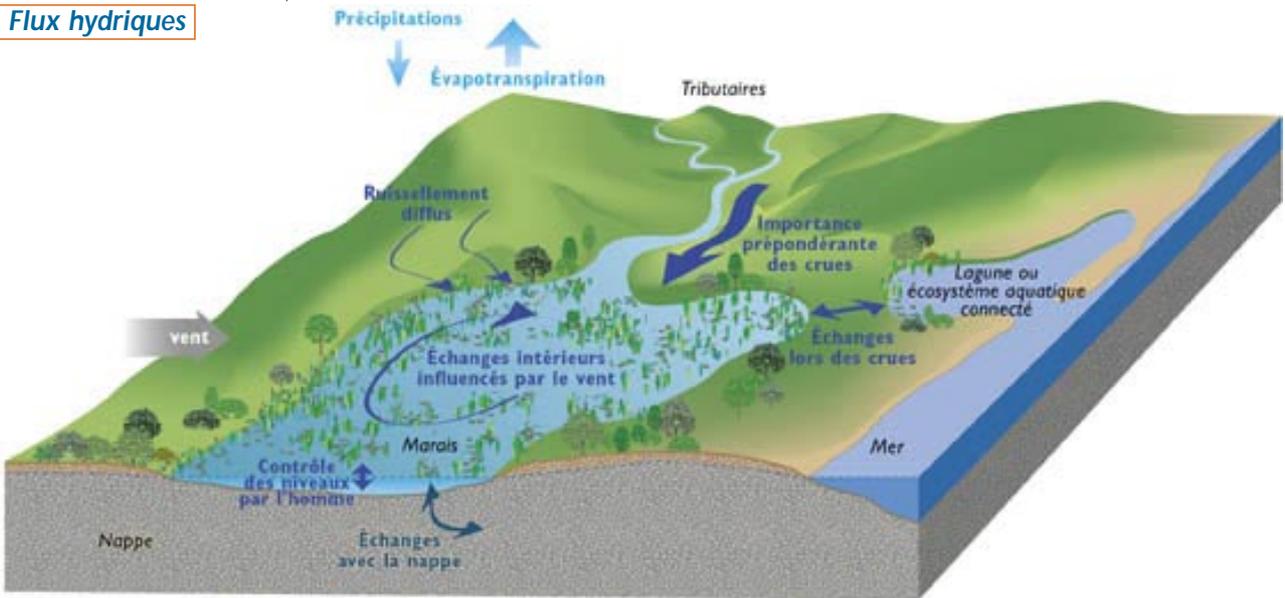
Sauf en période de tempête, les marais n'ont pas de connexion avec la mer.

Les zones de marais étant des zones dépressionnaires, **l'alimentation provient essentiellement de la surverse de cours d'eau, des précipitations et du ruissellement du bassin versant.** Des connexions peuvent exister avec d'autres marais et/ou lagunes, et/ou des aménagements anthropiques.

L'évaporation intervient fortement dans le bilan hydrique annuel des marais. La plupart sont asséchés une partie de l'année.

Le vent a une influence importante sur les flux internes dans les marais de grande taille. Il permet notamment un brassage permanent des eaux et leur oxygénation optimale. **Aucune stratification thermique n'apparaît du fait de la faible profondeur.**

## Flux hydriques



### ⇒ Flux minéraux, de matières organiques, structure des biocénoses

Les marais littoraux constituent des zones d'accumulation des sédiments et nutriments ; la productivité biologique y est considérable.

Dans un marais, la salinité est uniforme dans l'espace mais pas dans le temps : elle est liée aux phénomènes de concentration/dilution, soumis aux rythmes saisonniers (évapotranspiration/précipitations).

On observe une étroite relation entre hauteur d'eau et salinité. Un marais est par définition confiné : il représente le stade ultime du confinement. Il est donc d'autant plus sensible aux apports anthropiques de fertilisants. Cette tendance à l'accumulation dans les zones confinées favorise l'eutrophisation et l'apparition de "crises" de type "malaïque".

Le marais est structuré en fonction du vent ; plus ce dernier est faible, plus le marais sera homogène.

Les apports en sels nutritifs des eaux superficielles sont faibles (eaux pluviales et eaux de ruissellement), sauf apports anthropiques.

Les apports solides sont également faibles sauf en cas de connexion avec un cours d'eau lors des crues. L'accumulation de la matière organique a lieu pendant les périodes en eau.

Dans ces marais, asséchés une partie de l'année, la minéralisation de la matière organique est grande contrairement aux lagunes.

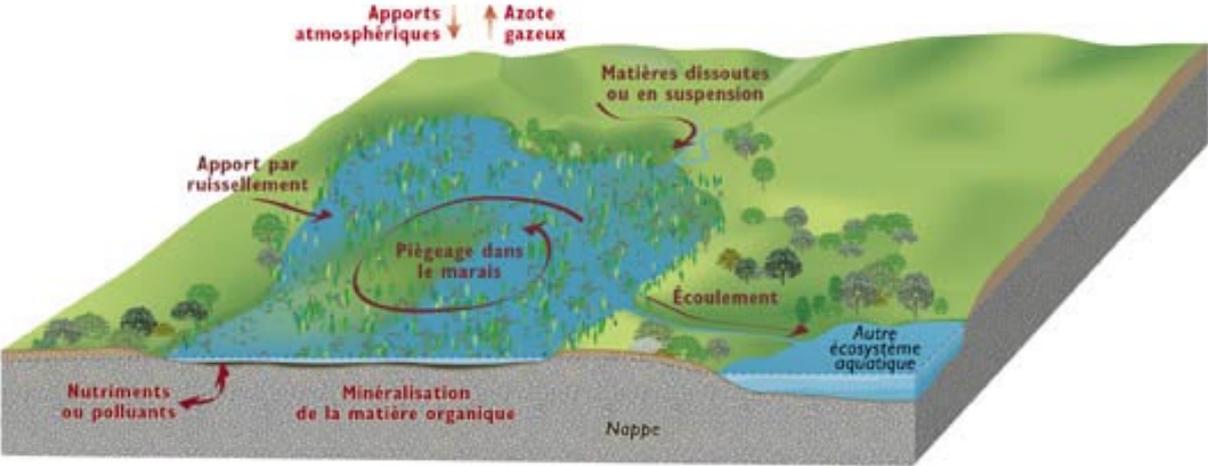
La production primaire est importante dans les marais (de l'ordre du  $\text{kg/m}^2$  alors que pour les lagunes, elle est de l'ordre de  $100 \text{ g/m}^2$ ).

La structure des habitats est très dynamique dans le temps pouvant varier sensiblement entre année. Le marais peut complètement "basculer" d'un jour à l'autre sous l'effet du vent ou d'une crue par exemple.

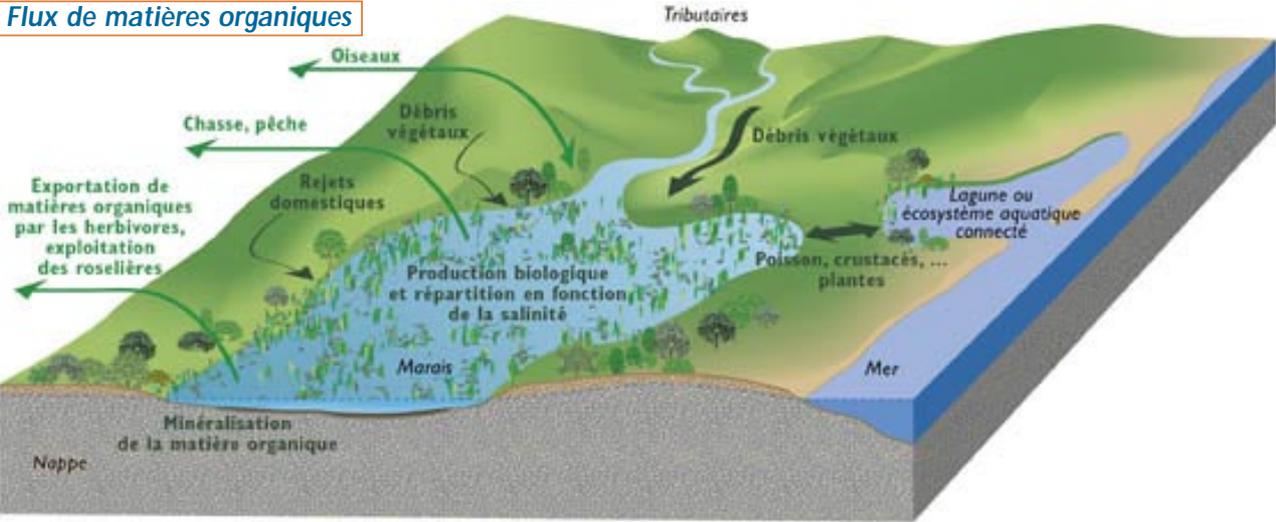
Les communautés végétales y sont très différentes des lagunes. La diversité est plus grande et les végétaux aériens (hélrophytes) y sont souvent dominant.

Les communications faunistiques sont discontinues dans le temps : elles sont liées aux périodes de crues et aux fluctuations d'abondance des animaux (hivernage des oiseaux d'eau par exemple). L'essentiel des échanges s'effectue en aérien (échanges avec la biosphère).

Flux minéraux



Flux de matières organiques



## [ 4 ]

**Valeurs****4.1 ■ Fonctions / attributs des lagunes et marais**

Les lagunes représentent un patrimoine exceptionnel, en particulier par la présence de communautés animales et végétales très spécialisées et par l'originalité paysagère.

Les lagunes assurent plusieurs fonctions qui contribuent à l'équilibre écologique de l'ensemble du littoral.

**⇒ Filtre épurateur**

Le cycle des matières organiques ou minérales dans ces milieux participe à l'épuration des eaux par :

- le dépôt des sédiments,
- le stockage, la consommation et l'exportation (dénitrification) des nutriments en provenance du bassin versant contribuant à l'abaissement des teneurs en azote et en phosphore,
- la rétention des produits toxiques.

Les marais ont de ce point de vue un rôle épurateur plus efficace que les lagunes.

**⇒ Stabilisation du littoral, protection des tempêtes, brise-vent**

La végétation des rives, notamment celle des lidos (cordon littoral entre mer et lagune) stabilise le sol sur lequel elle se trouve et protège la côte de l'érosion.

**⇒ Régulateur du volume des eaux**

Les lagunes et marais ont une capacité de stockage des eaux qui permet de limiter les effets des crues et d'absorber une part des intrusions marines.

**⇒ Réservoir de biodiversité**

Il existe une grande diversité des habitats dans ces milieux (herbiers, roselières,...). Celle-ci garantit les fonctions vitales (alimentation, reproduction, étape migratoire, refuge,...) de différents peuplements (oiseaux, poissons, crustacés, etc.).

Trois zones humides d'importance internationale, inscrites au titre de la convention de Ramsar ont été identifiées sur le littoral méditerranéen : la Camargue (85 000 ha), la petite Camargue en Languedoc-Roussillon (37 000 ha) et la lagune de Biguglia en Corse (1 450 ha).

**⇒ Paysages de qualité**

Patrimoine paysager et culturel remarquable, ces écosystèmes côtiers participent largement à l'image de marque des régions à fort potentiel touristique (Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Languedoc-Roussillon et Corse).

**4.2 ■ Produits / services (production de ressources naturelles)**

Les lagunes présentent un intérêt économique par la pêche et la conchyliculture.

Jadis exploités pour la production de sel, mis également à profit pour la navigation (canal du Rhône à Sète), les lagunes et les marais contribuent encore aujourd'hui à l'économie régionale.

**⇒ Ressources halieutiques, aquacoles**

La productivité biologique de ces écosystèmes, depuis longtemps exploitée par l'homme, a permis l'émergence de pratiques halieutiques (capetchades, bordignes,...) et de produits spécifiques (anguille, boutargue,...).

## Marais littoraux et lagunes

Nurseries pour de nombreuses espèces de poissons marins, ils contribuent au maintien du potentiel halieutique des eaux côtières.

Ils sont également le support d'activités conchylicoles (ostréiculture, mytiliculture) et aquacoles (loups, daurades) en plein développement.

### ⇒ *Espaces pour les loisirs*

De par leur position géographique, leurs qualités écologiques et paysagères ainsi que leurs caractéristiques climatiques, les lagunes et marais sont hautement attractifs. Ils sont le support de nombreuses activités touristiques ou de loisirs : pêche amateur, chasse, randonnées équestres, sports nautiques, activités balnéaires..., complémentaires du tourisme littoral.

### ⇒ *Ressources agricoles*

Les marais et leur périphérie accueillent des exploitations agricoles extensives (production fourragère, élevage de taureaux ou de chevaux) et font aussi l'objet d'exploitation des ressources (roseaux pour l'artisanat, pêche extensive,...).

## [ 5 ] Menaces et enjeux de conservation

Situées dans des régions à forte pression humaine, ces zones humides sont souvent menacées directement par l'urbanisation. Leurs écosystèmes sont très sensibles aux rejets polluants et autres perturbations hydrauliques.

Globalement, les zones humides du littoral méditerranéen ont subi d'importants préjudices depuis une cinquantaine d'années. Les atteintes identifiées portent sur leur structure (superficie, qualité du milieu,...) et leur fonctionnement (avec les répercussions en terme de services rendus à la société,...).

**Les atteintes à la structure des milieux lagunaires** concernent le plus souvent leurs dimensions (surface, profondeur). Elles résultent notamment d'aménagements urbains et industriels ou d'équipements structurants (voies routières, aérodromes, ports,...) qui "utilisent l'espace disponible" à la périphérie, voire au sein des plans d'eau. Comblements ou remblaiements conduisent à une très nette diminution de la superficie de zones humides et, de leur capacité à accueillir la faune et la flore sauvage ou à produire certaines ressources naturelles (chasse, pêche,...).

Certaines pratiques culturelles ou sylvicoles menées sur le bassin versant augmentent le débit solide en direction de l'exutoire, favorisant son comblement et modifiant la nature des sédiments.

Des aménagements hydrauliques (canaux de drainage, canaux de navigation, aménagements portuaires dans les graus,...), remettant en cause les échanges entre plans d'eau ou entre les lagunes et la mer, menacent la qualité même des eaux.

Le morcellement ou le cloisonnement des plans d'eau (limitant l'action du vent,...) et la rectification du profil des berges sont de nature à modifier profondément le renouvellement et le brassage des eaux, augmentant ainsi leur confinement.

**Les atteintes au fonctionnement des écosystèmes lagunaires** résultent quant à elles des modifications du cycle de la production biologique. L'augmentation des apports qu'ils soient minéraux (fertilisation intensive des bassins versants,...) ou organiques (effluents urbains et agroalimentaires, bio-dépôts issus de l'exploitation piscicole et conchylicole,...) favorise les processus d'eutrophisation (développement excessif d'algues,...) et l'apparition de crises de type "malalgue".

On assiste également à une réduction de la productivité des peuplements lagunaires en raison d'une surexploitation des ressources halieutiques ou de l'introduction, voire de l'envahissement d'espèces exogènes.

**Les atteintes à la structure des marais** concernent leur dimensions surface/profondeur et leur aménagement. Le morcellement y est une tendance croissante pour des objectifs de gestion agricole pastorale ou cynégétique.

Dans un marais, par définition beaucoup plus “fermé” qu’une lagune, la modification des flux d’eau et des flux biogéochimiques associés peut en changer totalement la structure : apports d’eau plus importants dus à la rupture volontaire ou non d’une digue, apports d’eau très réduits à cause de pompages à proximité du marais ou dans le marais, gestion de l’eau liée aux pratiques cynégétiques...

**Les atteintes au fonctionnement des marais** résultent des apports et activités anthropiques. Milieux très sensibles, l’intensification des apports organiques (rejets urbains, aquacoles : exploitations conchylicole, ostréicole) peut modifier profondément le niveau trophique des eaux et des sédiments. La surexploitation des milieux (halieutique, chasse,...) peut engendrer une profonde modification dans la structure des peuplements animaux et végétaux.

## 6

## Actions de restauration et de gestion

Les lagunes et marais littoraux doivent être protégés contre l’urbanisation et les rejets eutrophisants.

Différents types d’actions peuvent être envisagés pour assurer l’intégrité des lagunes et marais côtiers et le maintien de leur valeur (fonctions et services).

### ⇒ La préservation de l’intégrité des zones humides littorales peut s’appuyer sur des mesures foncières, réglementaires ou administratives :

- l’acquisition foncière (conservatoire du littoral,...) et/ou l’utilisation des dispositions réglementaires relatives à la protection des espaces (réserves naturelles, sites classés,...) permettent d’y contrôler en partie la pression d’aménagement, et d’y conduire des actions définies par des plans de gestions concertés,
- la prise en compte des zones humides dans les plans d’aménagements (POS, Schémas Directeurs, SAGE, schémas de mise en valeur de la mer,...), permet de prévoir des règles d’aménagement compatibles avec leurs caractéristiques structurelles et fonctionnelles.

### ⇒ La gestion, la valorisation de leurs ressources naturelles ou la restauration des zones humides de type marais et lagunes côtiers doit s’appuyer sur un certain nombre de principes d’aménagement.

La mise en œuvre de plans de gestion concertés, fondés sur une bonne appréciation de leur structure et de leur fonctionnement doit notamment s’appuyer sur :

- le maintien des communications entre lagune et mer afin de conserver les échanges hydrodynamiques (renouvellement des eaux) et biologiques entre les deux écosystèmes,
- le respect des profils et des contours des rives (éviter le cloisonnement des plans d’eau et la surélévation des berges, conserver leur profil en pente douce,...) pour garantir le déroulement des processus naturels (minéralisation des dépôts organiques, circulation des courants,...),
- le maintien de la couverture végétale des berges afin de conserver les habitats naturels (accueil de l’avifaune,...),
- le contrôle des apports du bassin versant et des activités périphériques (urbanisation, agriculture, industrie) afin de limiter l’eutrophisation et les apports de produits toxiques (traitement des rejets, utilisation raisonnée d’engrais et de produits phytosanitaires et pesticides [agriculture, démoustication,...] ),
- le contrôle des activités aquacoles et halieutiques en limitant les apports organiques (aliments, déchets de détrockage,...) et la surexploitation des stocks (poissons, coquillages,...).
- le maintien d’un fonctionnement des marais le plus naturel possible, avec respect de l’assec estival.

## [ 7 ] Tableau de synthèse

Le tableau ci-après présente une synthèse des différents éléments de fonctionnement, de valeurs, d'atteintes et d'actions, utiles pour l'étude complète d'un écosystème lagunaire et marais.

En face de chacun des éléments cités, se trouvent un ou plusieurs indicateurs ou famille d'indicateurs :

- ceux qui doivent être connus en priorité sont mentionnés par : 
- certains indicateurs font l'objet d'une fiche technique présentée dans la partie 2 du guide (page 91).

# Tableau indicateurs

## Marais littoraux et lagunes

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>S T R U C T U R E D E L A Z O N E H U M I D E</b>			
	<b>localisation</b>	longitude, latitude	localisation sur une carte IGN1/25 000
→	<b>superficie</b>	superficie	mesures de terrain (gestionnaire ou géomètre), sur photographies aériennes, cadastre. information reportée sur fond cartographique.
	<b>géologie</b>	nature géologique du substrat (berges et fonds)	carte géologique BRGM du secteur
	<b>structure horizontale et verticale de la végétation</b>	structure de la végétation, habitats	observations de terrain des groupements végétaux et répartition horizontale et verticale de la végétation. production de carte des habitats, de la végétation
	<b>occupation du sol</b>	% d'occupation du sol par activité, surface occupée par les différents faciès de végétation, surfaces immergées (permanentes/temporaires)	observations de terrain et exploitation d'images aériennes : production de cartes de l'utilisation du sol et de la structure de la végétation, des surfaces en eau, des activités humaines etc.
	<b>- la zone humide - bassin versant</b>	% d'occupation du sol par activité, surface	base de données IFEN Corine Land Cover
	<b>structure horizontale du milieu</b>	topographie, indices de mosaïque et de répartition de la végétation	production d'indices spatiaux à partir des données cartographiques
	<b>localisation des infrastructures de gestion</b>	cartographie de l'occupation du sol, du linéaire de berges endiguées, des ouvrages, de l'espace de liberté du plan d'eau	observations de terrain couplées éventuellement avec l'examen de photographies aériennes et/ou carte IGN 1/25 000
→	<b>profondeur</b>	profondeur moyenne (dans l'espace) et max. de l'eau	donnée souvent disponible sur documents (lagunes), mesure terrain au point le plus profond ou bathymétrie (intérêt typologique)
	<b>volume</b>	courbes bathymétriques, profils des fonds	cartes bathymétriques, (utile pour un aménagement précis)
	<b>salinité des eaux et des sols</b>	classification des salinités des eaux et classification des sols	données souvent disponibles (lagune), caractérise les plans d'eau en grandes catégories de salinité (doux, saumâtres, hyper-salins). idem sols.
→	<b>évaluation du degré de confinement</b>	évaluation des apports globaux du bassin versant/volume du plan d'eau, chroniques d'ouverture/fermeture des graus, examen des communautés benthiques, fluctuations intra annuelles de la salinité	voir fiche technique "confinement" et "niveau trophique lagune"
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D U F O N C T I O N N E M E N T H Y D R I Q U E</b>			
→	<b>apports tributaires (cours d'eau et canaux)</b>	caractéristiques du régime : débits, hauteurs d'eau...	voir fiches techniques
→	<b>apports du bassin versant</b>	évaluation globale des apports du bassin versant /volume du plan d'eau, chroniques de salinité, apports diffus, apports ponctuels	voir fiche technique "confinement", "niveau trophique lagune" et "hydrologie de surface"
→	<b>évaluation des entrées marines (lagunes)</b>	enregistrement du niveau de la mer et des plans d'eau, chronique des concentrations en NaCl sur profil vertical et longitudinal, espèces indicatrices fixées, chronique d'ouverture/fermeture des graus	mesures de la hauteur d'eau sur une échelle limnimétrique, mesures de conductivité sur des points de références verticaux et horizontaux, examen des populations végétales et animales sur place, document enregistrant les manipulations des ouvrages et/ou l'état des graus. représentations graphiques des variables salinité et hauteur d'eau, cartographie des peuplements animaux et végétaux.
	<b>niveaux et échanges avec la nappe</b>	dynamique de la nappe, salinité eau souterraine	mesures de la hauteur d'eau et de la conductivité dans des piézomètres. Représentations graphiques des données, calculs de flux de matière (eau et sel) du domaine de la recherche.
	<b>échanges atmosphériques</b>	données climatiques	données météorologiques (Météo France, réseau INRA...) estimations des apports météoriques directs et indirects (BV) et des pertes par évaporation, calcul de bilans.
→	<b>circulations internes</b>	circulation des eaux sous les effets de la marée et du vent, rivières et canaux : modèle hydrodynamique (domaine de la recherche)	voir fiche technique "confinement" et "hydrologie de surface"

→ A connaître en priorité

# Tableau indicateurs

## Marais littoraux et lagunes

	■ Indicateurs ou familles d'indicateurs	■ Nature ou type d'investigation (mode de représentation)	■ Phénomènes révélés par l'indicateur
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D U F O N C T I O N N E M E N T ( S U I T E )</b>			
<b>FLUX BIOGÉOCHIMIQUES</b>			
➔ apports dissous et particuliers par cours d'eau, canaux	débit solide, concentrations et flux de sels nutritifs (azote et phosphore notamment), matières organiques, substances toxiques	mesures physico-chimiques dans l'eau et les sédiments des formes de l'azote et du phosphore, des métaux, hydrocarbures et produits phytosanitaires. Comparaison avec des références (normes) et calculs de bilans. analyse spatiale des données.	évaluation du niveau trophique et des risques de pollution
entrée/sortie de substances dissoutes et particulières par la mer	position et taille du bouchon vaseux, débit solide, concentrations et flux de sels nutritifs, substances toxiques.	voir ci-dessus + bouchon vaseux : observation par photographie aérienne mesures terrain - représentation cartographique	
➔ entrée en substances dissoutes et particulières par ruissellement diffus	indices de flux des éléments nutritifs (azote et phosphore notamment) et substances toxiques calculés à partir d'abaques utilisant l'occupation du sol et la densité de population sur le BV (utilisation d'abaques, domaine de la recherche)	examen de photos aériennes, statistiques agricoles, urbaines, cadastre, etc. aide de spécialistes nécessaire. analyse de l'évolution dans le temps des flux.	évaluation du niveau trophique et des risques de pollution et d'eutrophisation
➔ rejets directs dans le milieu	bilan quantitatif et qualitatif des rejets (urbanisation, installations classées...)	enquête de terrain, enquête auprès d'Agences de l'Eau (redevances...), des DRIRE, de la Police de l'Eau, cartographie des rejets, calculs des charges dans le milieu.	
consommation et rétention des nutriments et toxiques dans le système	concentrations dans les sédiments, des organismes indicateurs (toxiques), résultats de bioessais	prélèvements amont-aval, sur des sédiments de profondeur croissante et dosage des paramètres recherchés, bioessais (domaine de la recherche pour les éléments toxiques). analyse des changements dans le temps et dans l'espace des concentrations ou des flux (cartographie). (cf. fiche technique niveau trophique)	
rétention des matières en suspension	taux de sédimentation : mesures sur un référentiel	pose de référentiel(s) et mesures du taux de sédimentation. estimation des volumes, poids de sédiment déposés, changements dans les hauteurs d'eau, volumes d'eau... (graphiques)	
➔ recyclage de la matière organique	potentiel redox dans le sédiment (cf. fiche technique), peuplements macrofaune benthique (espèces indicatrices), chronique des malaigues, analyse de la MO dans les sédiments	examen des populations benthiques, listes faunistiques et floristiques, enquête auprès des gestionnaires, mesures in situ du sédiment : cf. fiche technique niveau trophique en milieu lagunaire	évaluation du niveau trophique et des risques de "malaigues"
productivité biologique	présence/absence et importance pondérale de l'herbier, des zones de frayère, des gisements coquillers, productions halieutiques et aquacoles.	enquête auprès des exploitants, diagnostic terrain, localisation, évaluation de la surface et de la quantité de flore, faune, analyse de l'évolution dans le temps des surfaces, des volumes, biomasses (graphiques) en fonction des indicateurs.	
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D E L A V A L E U R</b>			
+ : valeur présente, ++ : valeur fréquente et importante pour ce type de zone humide			
<b>FONCTIONS / ATTRIBUTS (VALEUR INTRINSÈQUE)</b>			
épuration des eaux	bilan en éléments nutritifs amont/aval	domaine de la recherche, données difficilement évaluables	importance de la ZH pour cette fonction
stabilisation littoral, protection tempête, brise vent	débit solide, vitesse d'érosion, accrétion	évolution dans le temps des indicateurs : mesures terrain, photos aériennes (voir plus haut), modèle mathématique (domaine de la recherche ou ingénierie)	
➔ habitat d'espèces sauvages	indicateurs de la structure des habitats (voir caractérisation), nombre d'espèces remarquables, indices de richesse spécifique, taille des populations, diversité biologique, structure des peuplements. Données phytosociologiques	inventaire faunistique. analyse des tendances temporelles ou comparaison avec d'autres systèmes.	
originalité, patrimoine culturel	type de protection juridique, caractère exceptionnel du bâti	enquête auprès des DIREN, des DRAC, associations de protection de la Nature, données terrain	

# Tableau indicateurs

## Marais littoraux et lagunes

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D E L A V A L E U R ( S U I T E )</b>			
+ : valeur présente, ++ : valeur fréquente et importante pour ce type de zone humide			
<b>PRODUITS / SERVICES NATURELS (RESSOURCE)</b>			
<b>ressources halieutiques, aquacoles, cynégétiques... / ressources en espèces sauvages</b>	identification et évaluation (présence, abondance...) des espèces cibles, nombre de pêcheurs professionnels et amateurs, nombre d'inscrits maritimes, d'engins de pêche, quantité mise sur le marché, nb de chasseurs	enquête de terrain, enquête auprès des services de tutelle, des exploitants, des chambres de commerce. analyse des tendances temporelles. utile pour une évaluation des potentialités halieutiques et aquacoles (cf. fiche confinement)	importance de la ZH pour cette fonction
<b>activités récréatives, paysage</b>	capacité d'accueil, évaluation de la fréquentation	enquête de terrain : comptage du nombre de visiteurs, du nombre de structures d'accueil, de l'accessibilité au site. carte de situation des lieux d'accueil, graphique de présentation de l'évolution du nombre de visiteurs	
<b>ressources fourragères</b>	tonnage produit (chronique), nombre.jour de têtes de bétail, valeur pastorale	enquête auprès de chambres d'agriculture, propriétaires, fermiers, mesures végétation, recensement des animaux	
<b>M E N A C E S E T E N J E U X D E C O N S E R V A T I O N</b>			
+ : niveau d'atteinte ou de pression au milieu faible à moyen, ++ important			
<b>industrialisation</b>	caractérisation et évaluation de la pression industrielle par surface d'emprise, rejets, production, etc.	localisation par enquête de terrain, IGN 1/25 000, POS, photographie aérienne, enquête auprès de la DRIRE, report cartographique	pression industrielle
<b>tourisme, fréquentation</b>	fréquentation, surfaces occupées par type d'aménagement, identification des structures d'aménagement	enquête auprès d'un organisme de tourisme, enquête de terrain, comptage du nombre d'individus, du nombre de voitures, analyse photos aériennes, statistiques communales, régionales, etc. analyse des tendances temporelles, répartition spatiale, report cartographique.	ampleur et évolution de la pression humaine, ampleur de l'artificialisation,
<b>agriculture</b>	nombre d'agriculteurs, surfaces par type de culture, effectif de bétail, infrastructure hydraulique, etc.	enquête auprès des exploitants, de la DDAF, chambre agriculture, données terrain, photos aériennes. analyse de la répartition spatiale et des tendances temporelles.	pression agricole
<b>chasse</b>	nombre de chasseurs, nature et nombre d'aménagements cynégétiques, surface chassée.	enquête de terrain, comptage de chasseurs, analyse photos aériennes, statistiques associations chasseurs, Fédération, etc. analyse des tendances temporelles, répartition spatiale.	pression de chasse
<b>pêche, exploitation ressource</b>	indicateurs de pression halieutique : nombre de pêcheurs, nombre de jours de pêche, recensement des bateaux, filets, structure démographique des populations exploitées	enquête de terrain, comptage de pêcheurs, analyse photos aériennes, statistiques, etc. analyse des tendances temporelles, répartition spatiale.	pression de pêche
<b>causes naturelles (crues, successions végétales)</b>	composition et structure de la végétation, carte de laisses de crues	relevés floristiques, enquête des zones inondées lors des crues	événements externes au site d'origine naturelle pouvant modifier son fonctionnement
<b>P H É N O M È N E S I N D U I T S</b>			
<b>remblaiements</b>	indicateurs de l'occupation du sol, surface par type d'usage	enquête de terrain, enquête auprès des exploitants de granulats, des DRIRE (nombre de demandes d'autorisation), photos aériennes, carte occupation du sol. analyse spatiale et temporelle	évolution spatiale de la ZH, modification du fonctionnement hydraulique
<b>endiguement, cloisonnement, morcellement</b>	linéaire de berges endiguées, hauteur des berges, occupation du sol, surface en eau	enquête de terrain, photographie aérienne. analyse temporelle	
<b>modifications des arrivées d'eau du bassin versant, échanges avec la mer, artificialisation des apports hydrauliques</b>	chroniques des manipulations d'ouvrages, caractéristiques du régime : chroniques des débits, salinité, statistiques des débits, statistiques des hauteurs, espèces indicatrices de connexion marine ou avec des eaux douces, évolution du degré de confinement (cf. fiche technique), etc.	observations de terrain, enregistreurs données hydrologiques (fiche technique), recensement d'espèces indicatrices	modifications des apports hydrauliques, modification du degré de confinement
<b>modification de la salinité</b>	salinité des eaux de surface et des eaux souterraines, dynamique des peuplements, populations, espèces indicatrices	mesures de conductivité sur des points de références verticaux et horizontaux, examen des populations végétales et animales sur place. analyse spatiale et temporelle des indicateurs	modification du degré de confinement et évolution du type de milieu

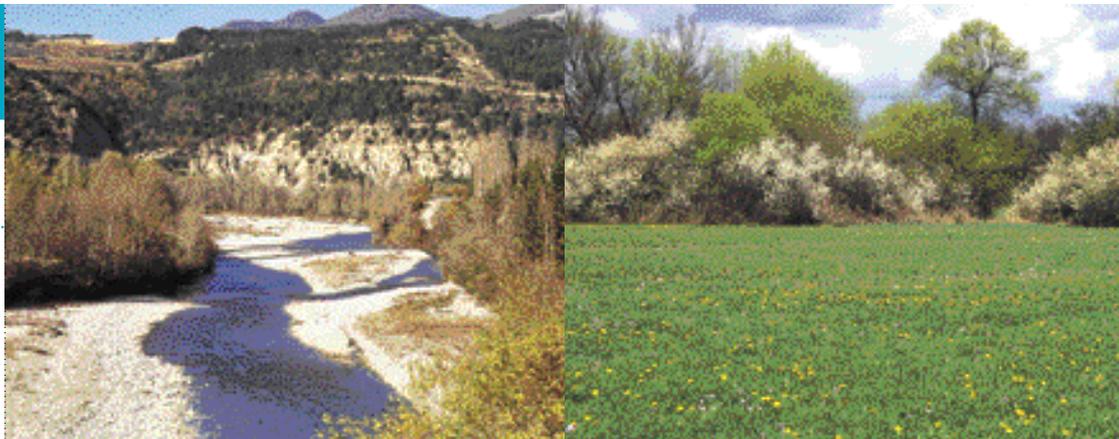
# Tableau indicateurs

## Marais littoraux et lagunes

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation</b> (mode de représentation)	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>	
<b>P H É N O M È N E S I N D U I T S ( S U I T E )</b>				
	rejets	taux de redevances Agence de l'Eau, inventaire des rejets	enquête de terrain, enquête auprès des Ag. Eau, des DRIRE, de la Police de l'Eau. Analyse spatiale et temporelle des indicateurs	pression anthropique
→	<b>pollution des eaux et des sédiments (eutrophisation)</b>	concentration des éléments nutritifs dans l'eau ou le sédiment, biomasses de végétation, espèces indicatrices : macro-algues, plantes supérieures et phytoplancton, chroniques d'apparition de malaigues	mesures physico-chimiques, observations sur le terrain de bloom algal. Analyse spatiale et temporelle des indicateurs (cf. fiche technique niveau trophique en milieu lagunaire)	évaluation du taux de pollution du bassin versant
	<b>pollution des eaux et des sédiments (substances toxiques)</b>	concentrations de micropolluants dans les eaux et les sédiments, espèces indicatrices de concentration (accumulatrices), de toxicité	prélèvements amont-aval et analyses spatiales et temporelles des indicateurs	taux de pollution toxique du milieu et des apports du bassin versant
	<b>modifications des arrivées d'eau</b>	caractéristiques du régime : chroniques des débits, statistiques des débits, statistiques des hauteurs, ...	voir fiches techniques	fiches techniques
	<b>modification de la dynamique sédimentaire (colmatage)</b>	position et état du bouchon vaseux, vitesse de sédimentation, hauteur d'eau	observation par photographie aérienne, mesures de terrain : bathymétrie, référentiels, représentation (diagrammes, ...) de l'évolution annuelle	évaluation du devenir du plan d'eau (volume, surface)
	<b>érosion littorale</b>	chronique, linéaire des rives	enquête de terrain, photographie aérienne	évolution en regard de la ZH, pression de la fréquentation
	<b>piétinement</b>	identification et inventaire des zones de dégradations, couverture de sol nu, espèces indicatrices (flore et faune), structure de la végétation,	observations par photographie aérienne, recensements de terrain. Analyse spatiale et temporelle des indicateurs.	
	<b>pression de chasse</b>	effectifs des espèces cibles et non-cibles	enquête de terrain pour recueil des données	
	<b>pression de pêche</b>	prises par espèce, production, prises par unité d'effort de pêche, rendement, structure démographique des populations de poissons ou de coquillage	enquête de terrain, enquête auprès des services maritimes, du MIN, de la chambre de commerce, des pêcheurs	
	<b>pression de pâturage</b>	nombre d'animaux, calendrier d'utilisation du milieu, pourcentage de sol nu, compactage du sol, abondance relative de formes de résistance (rosette), ...	enquête auprès des exploitants, des services de tutelle (DDAF), représentation cartographique et diagrammes d'évolution annuelle	pression anthropique sur les ressources
	<b>espèces exogènes</b>	composition floristique, faunistique, structure des populations	relevés floristiques, faunistiques, analyse dans le temps ou comparaison avec des références	évaluation de l'importance de la colonisation
<b>A C T I O N S D E R E S T A U R A T I O N E T D E G E S T I O N</b>				
→	<b>politique intégrée d'aménagement</b>	plans d'aménagements (POS, SDAU, SAGE), des contrats de baies, schémas de mise en valeur de la mer, existence de plan de gestion ou de procédure contractuelle (MAE), inscription à des inventaires (ZNIEFF, Natura 2000), ...	enquête auprès des mairies, des conservatoires, de la DIREN. Cartes de synthèse.	état et évolution des protections
→	<b>acquisition foncière</b>	recensement des acquisitions auprès des réserves, Conservatoire, statut juridique de la protection réglementaire	enquête auprès des mairies, des conservatoires, de la DIREN. Analyse temporelle des statistiques (superficie) de propriétés foncières et de statut de protection, ...	
	<b>amélioration de la qualité de l'eau</b>	nombre de stations d'épuration nouvelles, subvention Agence de l'Eau, gestion aquacole raisonnée, superficies agricoles conventionnées, collecte des déchets	enquête auprès des Ag de l'Eau, de terrain, des organismes d'Etat, analyse spatiale des STEP, analyse temporelle des volumes traités des qualités d'eau	évaluation des actions de gestion
	<b>gestion des ressources piscicoles, ostréicoles, conchylicoles</b>	inventaires des plans de gestion de schémas aquacoles et piscicoles	enquête auprès des exploitants, des prud'homies, des fédérations de pêche, bilan des plans de gestion	
	<b>gestion fluviale, des ouvrages hydrauliques</b>	plan de gestion concertée avec les gestionnaires	enquête auprès des gestionnaires, des associations naturalistes, bilan des plans de gestion	
	<b>contrôle de la fréquentation/information communication</b>	nombre de visiteurs, existence de structure d'accueil ou de canalisation du public, existence de plan de communication, budget communication	enquête de terrain : comptage du nombre de visiteurs, du nombre d'aires d'accueil, de l'accessibilité au site, de la signalétique, analyse spatiale et temporelle des structures, capacités d'accueil, des aménagements limitant les impacts négatifs, budget de communication	



A gauche :  
cours en tresses de  
la Drome dans le Diois  
A droite :  
prairie inondable de  
la vallée de la Bourbeuse



# Zones humides de plaines alluviales

## [ 1 ]

### Définition

**Tous les cours d'eau sont bordés par une végétation liée à l'eau, plus ou moins développée en fonction de la largeur de la vallée.**

On peut définir les plaines alluviales comme des unités géologiques récentes de fond de vallée, topographiquement planes et dessinées dans des alluvions. Ces plaines inondables présentent une grande diversité de zones humides.

#### Lit mineur :

*“espace fluvial, formé d'un chenal unique ou de chenaux multiples et de bancs de sables ou galets, recouverts par les eaux coulant à plein bord avant débordement”* (définition SDAGE RMC). Le lit mineur peut être considéré comme une zone humide à part entière, constituée de grèves plus ou moins végétalisées, de forêts à bois tendres, de chenaux annexes,...

#### Lit majeur :

*“espace situé entre le lit mineur et la limite de la plus grande crue historique répertoriée”* (SDAGE RMC). Les lits majeurs sont largement artificialisés (extractions de granulats, agriculture, habitat, industrie,...), mais ils possèdent des zones humides :

- forêts alluviales (ripisylves) à bois tendres ou à bois durs,
- dépressions et anciens bras en eau,
- marais périfluviaux,
- prairies inondables.

Certaines zones humides comme les anciens bras peuvent également exister sur des terrasses historiques non inondables.

A l'intérieur du lit majeur, est identifié un espace de liberté ou espace de mobilité des cours d'eau dont la définition du SDAGE RMC est la suivante : *“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.”*

Pour les zones humides alluviales, cet espace peut être assimilé à l'espace de fonctionnalité tel qu'il est proposé dans les démarches d'inventaires des zones humides.

Nous avons choisi de regrouper dans ce chapitre les types 5 (ripisylve) et 6 (plaines alluviales) du SDAGE, dans la mesure où leur distinction est délicate et où les problématiques sont globalement identiques.

Le bassin Rhône-Méditerranée-Corse compte de nombreuses plaines alluviales, dont quelques-unes des plus remarquables peuvent être citées :

- val de Saône ■ basse vallée du Doubs ■ îles de Malourdie et Brégnier-Cordon sur le Haut-Rhône ■ marais de Chautagne et Lavours sur le Haut-Rhône ■ île de la Platière, secteur de Baix-Le Logis Neuf sur le Bas-Rhône ■ ramières de la Drôme ■ vallée de la basse-Durance.

## [ 2 ] Structure

La nature de la zone humide est largement liée à sa géomorphologie : chenal unique, en tresses ou à méandres...

Différents éléments de structure sont particulièrement importants pour les plaines alluviales.

### ⇒ *Caractères généraux*

Les caractères généraux habituellement observés sont : la surface de la zone humide, l'altitude, la largeur du lit majeur...

### ⇒ *Niveaux d'eau*

Le niveau de la rivière conditionne largement celui des annexes et des nappes. Le niveau des nappes conditionne, quant à lui, l'alimentation en eau de la végétation et de certaines annexes.

### ⇒ *Réseau hydrographique*

L'alimentation en eau de la zone humide est liée à son réseau hydrographique : cours d'eau à chenal unique ou divisé, réseau d'annexes, affluents...

### ⇒ *Granulométrie*

La granulométrie des sédiments est très importante pour la végétation. Les berges sableuses ou limoneuses sont propices au développement d'une flore diversifiée et hygrophile ; les berges graveleuses sont occupées par une végétation plus résistante à la sécheresse. Ce paramètre est également fondamental pour les échanges entre nappe et rivière.

### ⇒ *Occupation du sol*

L'occupation de l'espace peut être très différente selon les situations, tant en ce qui concerne la typologie des groupements végétaux que la nature et l'intensité des activités humaines.

### ⇒ *Style géomorphologique*

La géomorphologie du cours d'eau conditionne largement les paramètres précédents. Un cours d'eau tressé coule sur des sédiments grossiers ; il possède de nombreux bras secondaires. A l'inverse, une rivière à méandres possède généralement des annexes plus profondes, sur sédiments plus fins.

## [ 3 ] Fonctionnement

Le système hydraulique des plaines alluviales est principalement conditionné par le cours d'eau (alimentation permanente et crues) et la nappe phréatique.

Étroitement liée à un cours d'eau, toute plaine alluviale fait l'objet de flux plus ou moins intenses.

### ⇒ *Flux hydriques*

L'alimentation d'une zone humide périfluviale provient avant tout du cours d'eau, soit directement (crues, bras secondaires...), soit par l'intermédiaire de la nappe.

Dans certains cas, les apports latéraux provenant d'affluents ou de la nappe peuvent être assez importants.

En matière de **crues**, plusieurs paramètres influent notablement sur le milieu :

- fréquence de l'inondation,
- durée de l'inondation (Rhône aux crues courtes, Saône aux crues longues),
- hauteur et vitesse d'eau,
- date des inondations : les crues d'hiver (Saône) représentent une contrainte moins forte pour la faune que les crues de printemps (rivières alpines),
- intensité des crues : débit maximum.

Flux hydriques...

La **nappe** phréatique constitue un élément fondamental de l'hydrosystème, en alimentant en eau la forêt, les annexes fluviales,... La granulométrie de la plaine influence sur ce facteur.

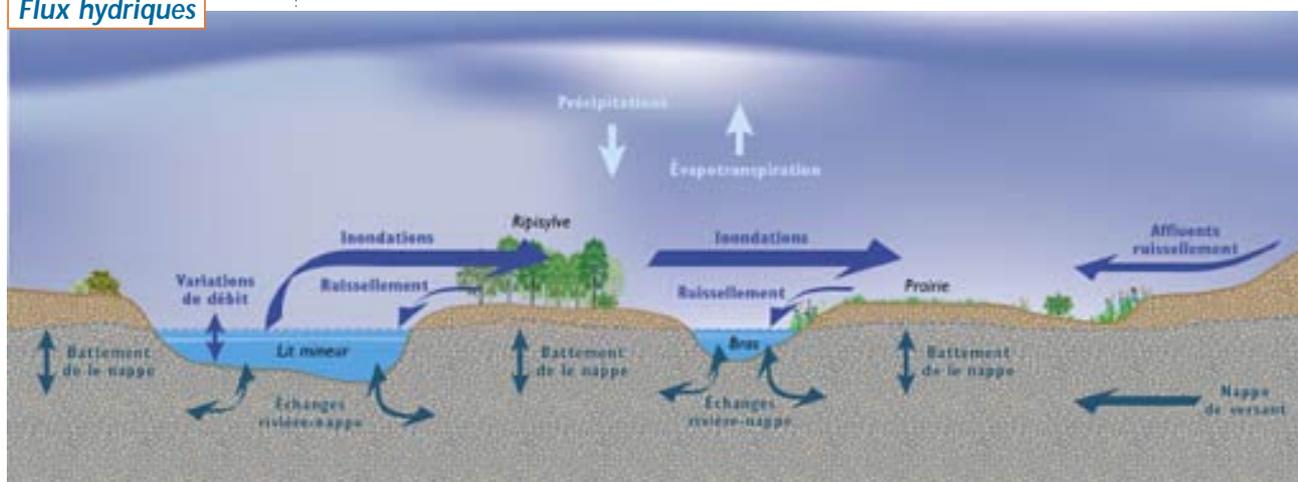
Un sol graveleux permet la présence d'une nappe puissante, des échanges intenses entre nappe et rivière (présence possible de bras aux eaux claires) ; les bancs de sédiments sont très secs (absence de remontées capillaires de la nappe).

Les cours d'eau aux berges limoneuses présentent des échanges moins intenses, mais la ripisylve a plus facilement accès à l'eau souterraine.

Les **fluctuations** de niveaux sont importantes pour la zone humide. Le rythme d'inondation-assèchement du lit majeur et en particulier des grèves conditionne la nature de la végétation ; les battements de la nappe influent sur la composition des peuplements forestiers (par exemple, saules en cas de forts battements, aulnes si la nappe est assez stable).

Les **échanges avec l'atmosphère** (précipitations, évaporation) sont généralement négligeables, sauf pour de petites annexes largement déconnectées du chenal.

Flux hydriques



⇒ Flux minéraux

Les zones humides alluviales constituent souvent des zones de stockage des sédiments et nutriments apportés par les crues et les nappes.

La zone humide est alimentée en sédiments et nutriments par les **crues**, en nutriments par la nappe. Selon les cas, les annexes fluviales se comblent par apports de sédiments de la rivière (annexes jeunes, proches du cours d'eau) ou par production de matière organique par la végétation (annexe plus éloignée du chenal).

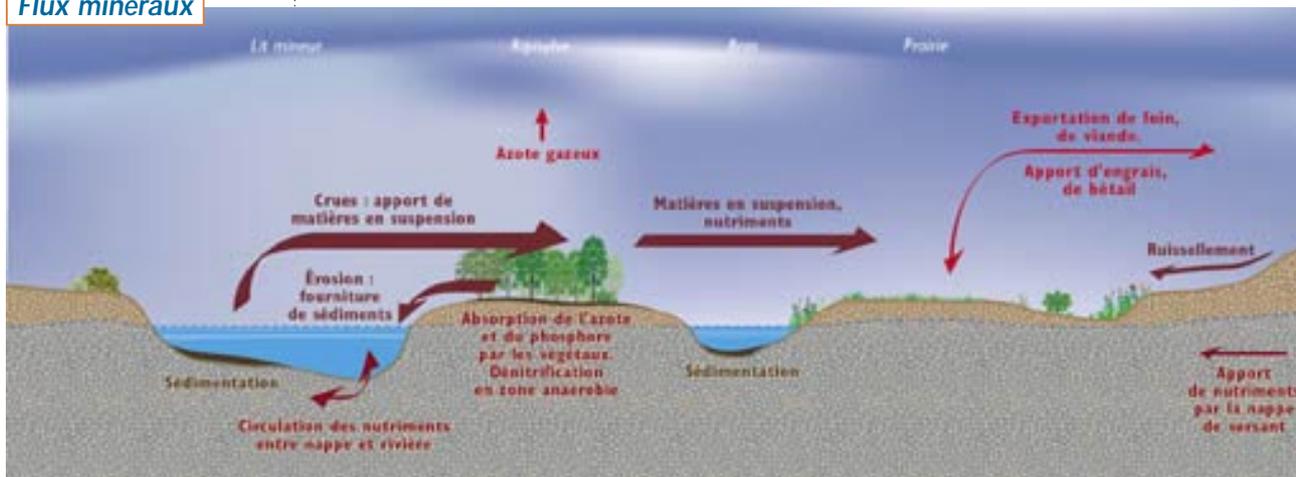
La dynamique géomorphologique est très importante pour le fonctionnement des cours d'eau mobiles. La plaine alluviale peut fournir à la rivière des sédiments, par le biais de l'érosion des berges ; les arbres tombés sont susceptibles de devenir des embâcles.

À l'inverse, la sédimentation joue un rôle important en créant de nouveaux milieux (grèves), entraînant le comblement des bras annexes et l'exhaussement des bancs et ripisylves.

Le bassin versant apporte à la zone humide des éléments minéraux et organiques par les eaux superficielles des affluents ou du ruissellement, ainsi que par la nappe (nitrates, toxiques,...).

Au sein de la zone humide existent différents flux. Les nutriments apportés par les eaux superficielles ou souterraines sont stockés sous forme de matière organique, ou décomposés (dénitrification). La forêt alluviale peut avoir un rôle fondamental sur les annexes de petite taille, par l'accumulation de feuilles et de bois morts.

## Flux minéraux



Les forêts alluviales, prairies inondables et bras annexes sont intimement liés à la rivière sur le plan biologique.

## Flux de matières organiques

Comme pour les autres flux, les échanges s'opèrent surtout entre la **rivière** et la zone humide :

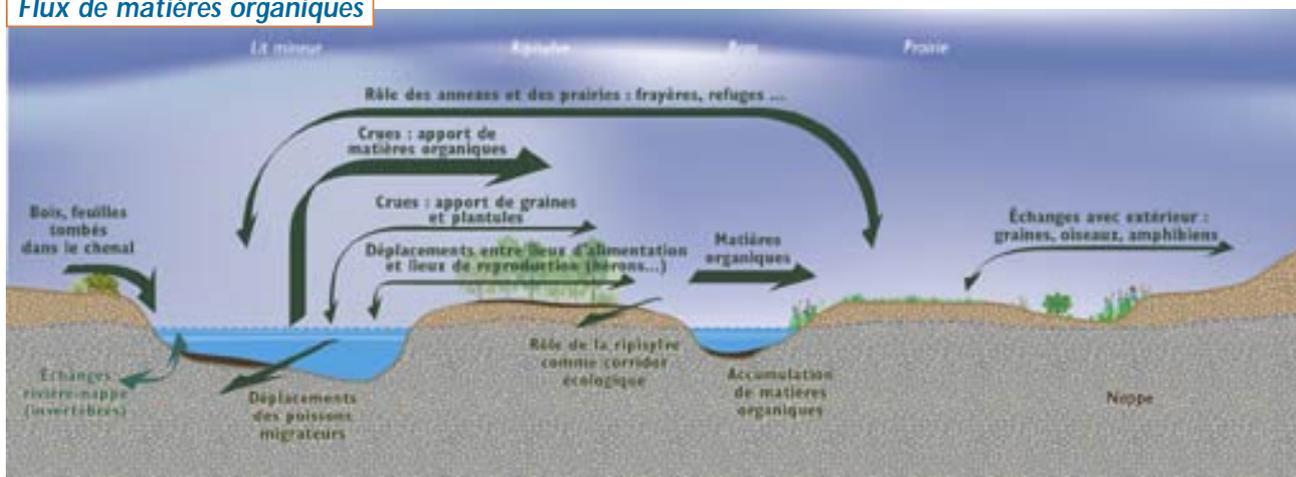
- la zone humide constitue une zone de reproduction pour des espèces réalisant une partie de leur cycle vital dans le cours d'eau (poissons) ; ces échanges peuvent être quotidiens (hérons nichant dans la ripisylve et pêchant dans la rivière) ;
- la rivière apporte à la zone humide des graines et plantules végétales. Celle-ci est souvent le siège d'une production phytoplanctonique supérieure à celle constatée dans la rivière ; cet échange peut naturellement s'inverser.

Certains flux sont longitudinaux, par rapport à l'**axe de la vallée**. Les poissons migrateurs circulent le long de cet axe, pour se reproduire à l'amont des rivières. Les mammifères et oiseaux utilisent le corridor naturel que constitue la ripisylve, souvent entourée d'espaces moins attractifs (agriculture,...).

Les échanges avec l'**espace environnant**, de moindre importance, sont néanmoins à prendre en compte lorsqu'ils concernent l'apport de semences végétales, les déplacements vers la rivière d'oiseaux nichant dans des forêts voisines.

L'écologie des petits cours d'eau est très liée aux apports des versants et des berges (chute de feuilles ou d'insectes) ; ces apports deviennent négligeables sur les fleuves.

## Flux de matières organiques



[ 4 ]

## Valeurs

Les plaines alluviales figurent probablement parmi les milieux naturels présentant les valeurs les plus fortes et les plus diversifiées.

### 4.1 ■ Fonctions / attributs

**Un rôle très important de régulation des crues et des flux polluants et fertilisants.**

#### ⇒ Régulation des crues

Les grandes plaines alluviales naturelles assurent un rôle important d'écrêtement des crues (diminution du débit maximal d'une crue entre l'amont et l'aval d'une zone humide et augmentation du temps de propagation de la crue vers l'aval).

#### ⇒ Épuration

La végétation des plaines alluviales peut capter et stocker une partie des nutriments, voire des polluants, apportés par la rivière ou la nappe.

Les sols gorgés d'eau peuvent permettre la dénitrification de la nappe.

#### ⇒ Recharge de la nappe et soutien d'étiage

Dans certains cas, la rivière, par l'intermédiaire des berges et des annexes, peut recharger la nappe phréatique par infiltration.

Il peut en résulter un soutien d'étiage : la nappe rend à l'étiage à la rivière une eau issue de l'infiltration lors des crues. Il semble toutefois que ce fonctionnement soit relativement rare.

#### ⇒ Fourniture de sédiments à la rivière

L'érosion des berges fournit à la rivière des sédiments qui peuvent être très importants à son équilibre géomorphologique. La sédimentation peut également jouer un rôle intéressant dans le fonctionnement de la plaine.

#### ⇒ Diversité biologique

Les milieux alluviaux sont particulièrement riches et diversifiés, du fait des multiples conditions de vie qui se juxtaposent, de l'abondance de l'eau, des possibilités de régénération des écosystèmes le long des rivières naturelles. Les espèces à forte valeur patrimoniale ne se répartissent pas uniformément dans l'espace alluvial :

- le chenal peut être intéressant, surtout pour les cours d'eau vifs ;
- les grèves caillouteuses (Ain) présentent une végétation plus pauvre et moins remarquable que les grèves sablo-limoneuses (Doubs,...) ;
- la forêt alluviale est remarquable par sa diversité floristique, mais les espèces y sont généralement communes ; la faune peut être remarquable (hérons,...) ;
- les annexes fluviales abritent des espèces rares, surtout si elles sont larges et marécageuses, ou alimentées par la nappe ;
- les prairies inondables et marais fluviaux sont particulièrement riches en espèces rares (râle des genêts, courlis cendré, fritillaire pintade, etc.).

#### ⇒ Patrimoine culturel

Ces milieux naturels font partie intégrante du patrimoine paysager de certains territoires : prairies du val de Saône, vorgines et îlons du Rhône, ramières de Drôme ou du Roubion,...

Ils possèdent également une dimension culturelle, par leur place dans l'histoire des communautés riveraines (aménagement fluviaux anciens, transport fluvial, adaptation traditionnelle des usages agricoles ou forestiers,...) et leurs fonctions actuelles (lieux de travail et de loisirs).

## 4.2 ■ Produits / services

Les zones humides de plaines alluviales protègent des ressources en eau potable très importantes, et permettent certaines activités agricoles et récréatives.

### ⇒ Alimentation en eau

Les zones humides de bord de cours d'eau sont souvent occupées par des captages d'eau potable et leurs périmètres de protection, ou par des captages agricoles ou industriels. Cet usage peut toutefois dégrader ces écosystèmes lorsqu'il provoque un abaissement du niveau de la nappe.

### ⇒ Productions agricoles

Certaines activités agricoles valorisent les plaines alluviales tout en préservant leurs autres fonctions : production de foin, pâturage. Ce mode d'exploitation prairial évite par exemple l'installation de friches. Cependant, l'évolution des techniques et des calendriers de fenaison peut mettre en péril certaines espèces d'oiseaux protégées qui nichent encore au moment de la récolte (râle des genêts, courlis cendré, etc.).

### ⇒ Sylviculture

La mise en valeur sylvicole de la forêt alluviale conduit souvent à sa dénaturation (populiculture intensive), mais une valorisation intégrée est possible (sylviculture d'essences naturelles).

### ⇒ Production piscicole

Les zones humides contribuent largement à la valeur piscicole des cours d'eau : frayères dans les annexes ou les prairies inondées (pour le brochet par exemple), rôle de refuge des annexes en cas de pollution ou de crue,...

### ⇒ Loisirs, paysage

Les zones humides des plaines alluviales participent à l'attrait des cours d'eau : qualité paysagère de la ripisylve ou des vastes prairies inondables,... Certaines plaines alluviales ont une fonction de "poumon vert" près de grandes agglomérations.

## [ 5 ] Menaces et enjeux de conservation

Les plaines alluviales attirent les activités humaines : absence de relief, présence d'eau, implantation de voies de communications, sols fertiles,... Il en a résulté une profonde dégradation des zones humides riveraines au cours des dernières décennies.

Ces espaces subissent différents types d'impacts, complexes et entremêlés.

### ⇒ Atteintes à l'existence de la zone humide

Les aménagements lourds remettent en question la présence même de la zone humide :

- aménagements routiers, urbanisation, gravières, grands aménagements fluviaux, zones de loisirs.

Ceci est également le cas d'aménagements agricoles tels que le retournement des prairies au profit des cultures et des peupleraies, le drainage des parcelles et la gestion des vannages agricoles visant à accélérer leur ressuyage.

### ⇒ Impacts sur le fonctionnement

La totalité des plaines alluviales du bassin subissent des atteintes dans leur fonctionnement. Les causes de cette dégradation sont les aménagements fluviaux, les passages d'infrastructures, l'intensification agricole, les extractions,... Les conséquences en sont multiples :

Les milieux naturels des plaines alluviales connaissent très souvent une dégradation de leur alimentation en eau.

*Impact sur le fonctionnement...*

Situées dans des zones de forte pression humaine, les plaines alluviales connaissent une intensification des pratiques agricoles ou sylvicoles.

#### **Diminution de l'alimentation en eau**

La plupart des plaines alluviales sont progressivement isolées du cours d'eau : enfoncement des lignes d'eau de la rivière ou de la nappe, diminution de la fréquence d'inondation de la plaine,...

#### **Diminution de la dynamique fluviale**

La capacité de régénération des milieux diminue souvent du fait d'enrochements de berges ou de l'enfoncement des cours d'eau. Les stades végétaux pionniers diminuent au profit de la forêt mûre ou de l'agriculture.

#### **Rupture des connexions biologiques**

Les échanges biologiques sont fréquemment entravés par les barrages, seuils, coupures des continuités de végétation, ... Il en résulte une raréfaction des espèces à forte mobilité (poissons migrateurs - anguille - amphibiens, ...).

#### **Dégradation de la qualité de l'eau**

La pollution de l'eau de la rivière ou de la nappe entraîne une banalisation des communautés vivantes de la zone humide riveraine. La pollution peut avoir différentes origines : rejets domestiques ou industriels, lessivage des terres agricoles ou des routes, ...

### **Impacts sur les communautés vivantes**

Certaines activités humaines modifient la composition des biocénoses, en provoquant en particulier la disparition d'espèces de fort intérêt patrimonial.

#### **Intensification agricole**

Les plaines alluviales ont souvent connu une forte mutation agricole. Des prairies naturelles pâturées ou des ripisylves ont été défrichées pour céder la place à la céréaliculture (Rhône, Ain ...); les pratiques de fauche se sont intensifiées avec notamment des fenaisons devenant plus précoces (Saône). Cette intensification est due à la modernisation des pratiques de fauche facilitée par les regroupements parcellaires liés au remembrement. Ces changements de pratiques liés à des causes économiques ou d'aménagement foncier, peuvent entraîner des modifications au niveau du sol et des communautés vivantes (disparition ou raréfaction de nombreuses espèces des milieux prairiaux) qu'il conviendra d'évaluer et de prendre en compte dans la gestion des territoires concernés.

#### **Intensification sylvicole**

La transformation de ripisylves en peupleraies provoque une simplification de l'écosystème, avec diminution du nombre d'espèces présentes, voire réduction des fonctions hydrauliques (écrêtement moindre). L'intensification de peupleraies dans les zones les plus humides met en péril leur fonctionnalité (ex : frai du brochet).

#### **Abandon de pratiques traditionnelles**

L'arrêt de la fauche ou du pâturage et/ou au contraire la modernisation des techniques (fauches précoces) entraîne l'embroussaillage des prairies, avec disparition des espèces rares inféodées à ce milieu.

#### **Prolifération d'espèces végétales exotiques**

La prolifération de certaines plantes exotiques réduit les possibilités de développement des communautés indigènes; les espèces les plus préoccupantes dans le bassin sont les suivantes :

- renouée du Japon : berges, remblais,
- faux indigo (*Amorpha fruticosa*) : berges en zones méditerranéennes,
- jussie : berges marécageuses,
- verge d'or : friches, annexes en cours d'atterrissement,
- buddléia : bancs caillouteux, remblais,
- érable négundo : forêt à bois tendres,
- robinier : forêt à bois durs dégradée.

### Espèces animales exotiques

Les plaines alluviales abritent un grand nombre d'espèces animales exotiques, amenées volontairement ou non par l'homme. L'impact de ces espèces sur l'écosystème est généralement très mal connu et il est difficile d'identifier clairement celles qui portent réellement atteinte aux communautés indigènes (compétition, prédation,...). Quelques-unes des espèces les plus présentes peuvent être citées :

- nombreux poissons : poisson chat, perche soleil, black-bass, hotu...
- tortue de floride,
- ragondin, rat musqué,
- différents mollusques (moule zébrée,...).

### Surexploitation des ressources vivantes

Les communautés animales peuvent être perturbées par une pression de pêche ou de chasse excessive, les lâchers d'espèces non locales ou en quantité excessive,... Dans ce domaine, la situation extrême est peut-être celle de certaines annexes fluviales transformées en plans d'eau de pêche et dont le peuplement piscicole est totalement artificialisé.

### Dérangement

Dans certaines situations, la pratique des loisirs peut provoquer une perturbation de la faune (dérangement d'espèces sensibles : hérons, rapaces, courlis cendré,...).

## [ 6 ]

La préservation des zones humides de plaines alluviales doit avant tout reposer sur la restauration du système hydraulique.

## Actions de restauration ou de gestion

Les plaines alluviales, souvent riches mais menacées, méritent généralement la mise en place de programmes ambitieux de restauration et de gestion. Quelques grands objectifs de tels programmes peuvent être cités :

### ⇒ *Maintenir ou restaurer le fonctionnement hydraulique*

- éviter l'incision
- maintenir les moteurs de l'hydrosystème : crues, nappe, mobilité en plan du lit mineur

### ⇒ *Conserver l'équilibre entre agriculture et écosystèmes (prairies inondables exploitées extensivement)*

### ⇒ *Prendre en compte l'environnement dans les activités humaines*

- aménagements hydrauliques, loisirs, sylviculture, extractions de granulats, urbanisation...

Les actions qui en résultent sont de différentes natures.

### Préservation de l'intégrité des zones humides

- Protection générale : actions réglementaires ou foncières
- Contrôle des aménagements fluviaux : décisions d'aménagement
- Contrôle des extractions : schémas départementaux des carrières
- Contrôle de l'urbanisation : POS, PERI, PLU (Plan Local d'Urbanisation)
- Contrôle de l'intensification agricole : contractualisation des pratiques adaptées
- Renaturation de parcelles dégradées
- Contrôle de la fréquentation

### Préservation - restauration du fonctionnement des zones humides

Cette dimension est fondamentale dans les plaines alluviales.

- Prise en compte du fonctionnement dans les décisions d'aménagements (travaux en rivière, franchissements routiers,...)
- Respect de l'espace de liberté (politique foncière, gestion des autorisations d'urbaniser ou d'extraire,...)
- Recharge sédimentaire du cours d'eau
- Gestion des débits réservés
- Relèvement des lignes d'eau : réalimentation des nappes, seuils
- Remise en eau d'annexes
- Restauration des connexions biologiques, longitudinalement et latéralement : passes à poissons,...
- Restauration de la qualité de l'eau : suppression de rejets,...
- Maintien ou réhabilitation des pratiques d'entretien pour les milieux ouverts

## [ 7 ] Tableau de synthèse

Le tableau ci-après présente une synthèse des différents éléments de fonctionnement, de valeurs, d'atteintes et d'actions, utiles pour l'étude complète d'un écosystème lagunaire et marais.

En face de chacun des éléments cités, se trouvent un ou plusieurs indicateurs ou famille d'indicateurs :

- ceux qui doivent être connus en priorité sont mentionnés par : 
- certains indicateurs font l'objet d'une fiche technique présentée dans la partie 2 du guide (page 91).

# [ Tableau indicateurs ]

## Zones humides de plaines alluviales

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>S T R U C T U R E D E L A Z O N N E H U M I D E</b>			
	<b>localisation</b>	longitude-latitude	localisation sur carte IGN 1/25 000 (carte de localisation)
→	<b>étendue</b>	superficie des milieux humides (eau libre, végétation liée à l'eau)	mesures sur le terrain, sur photographie aérienne ou image satellitaire (tableaux de chiffres)
→	<b>altitude</b>	largeur du chenal d'étiage, du lit mineur, du lit majeur	mesures sur cartes, photos aériennes ou image satellitaire (cartes, comparaison à d'autres tronçons de cours d'eau)
	<b>géologie</b>	altitude moyenne, altitudes minimale et maximale	altitude calculée d'après la carte IGN, ou altitude relative par rapport au chenal principal (relevés topographiques complémentaires) (chiffres)
	<b>géomorphologie</b>	nature géologique des sols	analyse de la carte géologique (carte géologique)
		pente de la vallée, pente de la rivière	mesure sur carte (graphique : profil en long de la plaine)
→		mobilité en plan du lit (d'après comparaison de cartes et photographies aériennes à différentes dates, ou comparaison de profils en travers)	fiche technique topographie
		épaisseur et granulométrie des sédiments	sondages sur le terrain : épaisseur moyenne des sédiments fins (limons), présence de la nappe dans ces sédiments (carte des profondeurs de sédiments fins)
		% du lit majeur occupé par des sédiments nus ou une végétation pionnière	calcul sur photo aérienne (cartes, comparaison à d'autres tronçons de cours d'eau)
		taux de sinuosité	calcul sur carte ou photos aérienne : longueur développée du chenal principal / longueur à vol d'oiseau (chiffres, cartes)
		taux de tressage	longueur cumulés des chenaux / longueur à vol d'oiseaux (chiffres, cartes)
→	<b>occupation du sol</b>	% de la superficie du site occupé par les différents types de formations végétales ou d'activités humaines	analyse des photographies aériennes (cartes de végétation-occupation du sol)
	<b>profondeur moyenne de l'eau</b>	niveau d'eau	cf. fiche technique : niveaux d'eau
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D U F O N C T I O N N E M E N T</b>			
<b>FONCTIONNEMENT HYDRIQUE</b>			
→	<b>apports d'eau superficielle</b>	cours d'eau : débit	cf. fiches techniques suivi des niveaux, hydrologie
		apports du bassin versant : occupation du sol	cf. fiches techniques hydrologie, occupation du sol
	<b>inondations</b>	flux internes : débits	cf. fiche technique hydrologie
→		caractères des inondations : surfaces, fréquence, dates, hauteur d'eau, vitesses	cf. fiche technique crues
→	<b>nappe</b>	bilan piézométrique : hauteurs et battement de la nappe, origine des flux	cf. fiche technique hydrogéologie, niveaux d'eau

→ A connaître en priorité

# Tableau indicateurs

## Zones humides de plaines alluviales

	■ Indicateurs ou familles d'indicateurs	■ Nature ou type d'investigation (mode de représentation)	■ Phénomènes révélés par l'indicateur
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D U F O N C T I O N N E M E N T ( S U I T E )</b>			
<b>FLUX DE MATIÈRES MINÉRALES</b>			
<b>bilan trophique</b>	apports trophiques du cours d'eau : teneurs en nutriments	cf. fiche technique bilan trophique	
	apport par ruissellement : occupation du sol du bassin versant	cf. fiche technique bilan trophique	
	autres échanges avec BV : apport d'engrais, exportation de foin...	cf. fiche technique bilan trophique	
	rejets directs dans la zone humide	cf. fiche technique bilan trophique	
<b>assimilation des nutriments dans le système</b>	bilan en éléments nutritifs dans sédiments	cf. fiche technique niveau trophique	
<b>rejets polluants dans le milieu</b>	bilan quantitatif et qualitatif des rejets	cf. fiche technique bilan trophique	
<b>sédimentation</b>	taux de sédimentation (épaisseur des limons de débordement déposés depuis une date donnée), granulométrie des sédiments	cf. fiche technique topographie	
<b>FLUX DE MATIÈRES ORGANIQUES</b>			
<b>migration de poissons</b>	dénombrement de poissons migrateurs	pêche électriques ou comptage automatique sur passes à poisson (graphique d'évolution du nombre de poissons)	ampleur et évolution des populations de poissons migrateurs
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D E L A V A L E U R</b>			
<b>FONCTIONS / ATTRIBUTS (VALEUR INTRINSÈQUE)</b>			
<b>épuration des eaux</b>	bilan en éléments nutritifs, comparaison des teneurs en nutriments entre l'amont et l'aval de la zone humide	cf. fiche technique bilan trophique	
⇒ <b>écrêtement des crues</b>	débits écrêtés par la zone humide	cf. fiche technique crues	
<b>fourniture de sédiments à la rivière</b>	bilan érosion / dépôts : comparaison de profils en travers et cartes anciennes, granulométrie des berges	cf. fiche technique topographie	
<b>PRODUITS / SERVICES NATURELS (RESSOURCE)</b>			
<b>alimentation en eau</b>	volumes d'eau prélevés et restitués	enquête (Agences de l'eau, DDAF) : volumes prélevés déclarés (carte des pompages)	importance de la ZH pour cette fonction
<b>production agricole ou sylvicole</b>	production annuelle moyenne	données générales : recensement général de l'agriculture, inventaire forestier national. données locales : photo-interprétation, enquête auprès des propriétaires (carte des modes d'utilisation du sol, graphique des volumes produits)	
<b>activités récréatives</b>	nombre de visiteurs par an caractéristiques de la fréquentation : origine géographique, activités pratiquées, satisfaction...	comptage des visiteurs (visuels ou automatiques) évolution de la fréquentation, carte de la fréquentation enquête auprès des visiteurs (tableaux de chiffres)	
<b>ressources halieutiques</b>	nombre de pêcheurs amateurs	enquête auprès des fédérations de pêche (chiffres)	
	importance de la pêche commerciale ou aux engins : nombre d'autorisations, quantités de poissons capturés...	enquête auprès des associations de pêcheurs aux engins (chiffres)	
<b>ATTRIBUTS</b>			
⇒ <b>diversité biologique</b>	nombre de groupements végétaux, nombre d'espèces, espèces rares...	cf. fiche technique patrimoine biologique	
<b>originalité, patrimoine culturel</b>	indicateurs à mettre en place en fonction du contexte local		importance de la ZH pour cette fonction

⇒ A connaître en priorité

# Tableau indicateurs

## Zones humides de plaines alluviales

	■ Indicateurs ou familles d'indicateurs	■ Nature ou type d'investigation (mode de représentation)	■ Phénomènes révélés par l'indicateur
<b>M E N A C E S E T E N J E U X D E C O N S E R V A T I O N</b>			
<b>CAUSES / USAGES</b>			
→ activités humaines	occupation du sol	photo aérienne : % du sol des environs occupé par urbanisation, routes... (cartes, graphiques)	ampleur et évolution de la pression humaine
	densité de population	recensement de la population : nombre d'habitants des communes riveraines (tableaux, graphiques)	
aménagement fluviaux	présence/absence d'aménagement	étude des cartes ou du terrain (carte des aménagements)	ampleur de l'artificialisation
	état des berges	étude de terrain : % des berges artificialisées (carte d'état des berges)	
	quantification de trafic fluvial : nombre de bateaux, tonnage	enquête auprès du service chargé de la police de la navigation : nombre de bateaux/an, tonnage (graphiques d'évolution, cartes des installations)	
industrie	nombre d'installations classées recensées	enquête auprès des DRIRE, des CCI, ... (carte, chiffres)	
infrastructures routières	densité et type du réseau routier	mesure sur carte ou photos aériennes : km de routes / km <sup>2</sup> de terrain (carte des routes, évolution de la densité)	
rejets polluants	rejets : nature, volumes...	enquête de terrain, enquête auprès de l'Agence de l'eau, des DRIRE de la police de l'eau (cartographie des rejets, calcul des charges dans le milieu)	ampleur de la dégradation des milieux
extraction de granulats	volumes extraits, surfaces concernées par l'extraction de granulats	enquête auprès de la DRIRE : autorisations délivrées ; enquête auprès des propriétaires : volumes, ... (cartes, graphiques)	ampleur et évolution de l'activité
→ agriculture	indicateurs agricoles par commune proportion prairies/terres labourables calendrier des travaux (fenaïson)	recensement général de l'agriculture : nombre d'agriculteurs, productions, surfaces, mesures de gestion existantes (cartes et graphiques d'évolution)	évolution de l'activité dans la région
	sylviculture	caractérisation générale des boisements  caractérisation fine de la sylviculture	
tourisme, loisirs	nombre de visiteurs par an	comptage des visiteurs (visuels ou automatiques) (évolution de la fréquentation, carte de la fréquentation)	importance de la pression sur la ZH
	caractéristiques de la fréquentation : origine géographique, activités pratiquées, satisfaction...	enquête auprès des visiteurs tableaux de chiffres	compréhension du fonctionnement
chasse	caractérisation de la pression cynégétique	enquête auprès de la fédération de chasse : nombre de cartes, journées-chasseurs / an, réserves (graphiques d'évolution, cartes de la pression de chasse)	importance de la pression sur la ZH
pêche	caractérisation de la pression halieutique	enquête auprès de la fédération de pêche : nombre de cartes, journées-pêcheurs / an, réserves, comptages standardisés, pêche professionnelle, (graphiques d'évolution, cartes de la pression de pêche)	
→ successions végétales	composition et structure de la végétation	carte de la végétation (terrain, photos aériennes) et relevés phytosociologiques représentatifs (graphique d'évolution de ces indices)	évaluation de la vitesse d'évolution des milieux ouverts
prolifération d'espèces exotiques	abondance des espèces exotiques	relevés phytosociologiques : indices d'abondance des espèces exotiques (graphique d'évolution de ces indices, cartes de présence de ces espèces)	évaluation de l'importance de la colonisation

→ A connaître en priorité

# Tableau indicateurs

## Zones humides de plaines alluviales

	■ Indicateurs ou familles d'indicateurs	■ Nature ou type d'investigation (mode de représentation)	■ Phénomènes révélés par l'indicateur
<b>P H É N O M È N E S I N D U I T S</b>			
→ incision	comparaison de profils en long et en travers	cf. fiche technique topographie	
→ enfouissement et stabilisation des nappes	niveaux piézométriques	cf. fiche technique niveaux d'eau	
diminution de la submersibilité	carte des inondations	cf. fiche technique crues	
stabilisation latérale	comparaison de cartes, taux de régénération des formes fluviales	cf. fiche technique topographie	
pollution des eaux et des sédiments (eutrophisation)	assèchement, bilan en éléments nutritifs : transparence de l'eau, algues planctoniques épiphytes et benthiques,	cf. fiche technique bilan trophique	
pollution des eaux et des sédiments (substances toxiques)	teneurs des eaux ou des sédiments en polluants : espèces indicatrices de concentration (accumulatrices) de toxicité	prélèvements amont-aval	taux de pollution toxique du milieu et des apports du bassin versant
piétinement	composition de la végétation : présence de groupements sensibles au piétinement	cartographie de la végétation, % de l'espace occupé par des groupements sensibles (cartes de la végétation, évolution des %)	état des milieux vis-à-vis de cette atteinte
morcellement	superficie et structure des habitats	analyse de photos aériennes : % des surfaces occupées par forêt, prairie, marais, eau... des indices de fragmentation peuvent être calculés : taille moyenne des parcelles naturelles, distance moyenne entre deux zones humides... (cartes d'occupation des sols évolution des %)	
surpâturage	nombre d'animaux par hectare  composition de la végétation : évolution des groupements végétaux sensibles au piétinement	approche communale : recensement général de l'agriculture, approche locale : enquête (Unités Gros Bétail / ha / an) (graphique d'évolution des données) relevés phytosociologiques répétés régulièrement (graphique d'évolution des données)	
pression de chasse excessive	pression de chasse	Enquête auprès des chasseurs : tableau de chasse (nombre d'animaux tués / an sur la zone humide), pression (nombre de journées-chasseurs / an) (graphique d'évolution de ces indices)	
espèces exotiques	abondance des espèces exotiques	relevés phytosociologiques : indices d'abondance des espèces exotiques (graphique d'évolution de ces indices, cartes de présence de ces espèces)	
<b>A C T I O N S D E R E S T A U R A T I O N E T D E G E S T I O N</b>			
protection réglementaire	état des protections réglementaires	enquête auprès de la DIREN : surfaces protégées carte des surfaces protégées, graphiques d'évolution des surfaces	état et évolution des protections
contrôle du foncier (acquisition, convention)	état des surfaces contrôlées en vue de conservation	enquête auprès des opérateurs fonciers (conservatoires...) (carte des surfaces contrôlées, tableaux)	
contrôle de l'urbanisation	zonage du POS (surfaces ND) et du PERI	analyse des POS : % des sols en ND, Espaces Boisés Classés (évolution des %)	
contrôle des aménagements dégradants pour les zones humides (carrières, routes.)	nombre de projets concernés, surfaces	tableau de bord des actions menées par le gestionnaire (cartes des zones concernées, évolution des surfaces)	
préservation de l'espace de liberté	indicateurs d'état de l'espace de liberté : taux de régénération, état des berges, surfaces acquises par la collectivité...	cf. fiche technique topographie, % de l'espace de liberté contrôlé : (cartes de l'espace de liberté, cartes des zones contrôlées, évolution des zones contrôlées). voir guide technique SDAGE N°2 : Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau	
→ relèvement du débit réservé	débit réservé	enquête auprès du service chargé de la police de l'eau (valeur absolue, rapport entre le débit réservé et le module)	état du débit réservé
relèvement de lignes d'eau (seuils...)	lignes d'eau, piézométrie	cf. fiche technique topographie, suivi hydrogéologique, niveaux d'eau	
remise en eau d'annexes fluviales	linéaire d'annexes remis en eau  niveaux piézométriques	mesures sur le terrain (carte des annexes restaurées)  cf. fiche technique suivi hydrogéologique, niveaux d'eau	évaluation des actions

☞ A connaître en priorité

# [ Tableau indicateurs ]

## Zones humides de plaines alluviales

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>A C T I O N S D E R E S T A U R A T I O N E T D E G E S T I O N ( S U I T E )</b>			
<b>suppression de rejets polluants</b>	rejets : nombre, volumes, composition	carte des rejets (évolution des rejets)	évaluation de l'efficacité des actions
<b>restauration des connexions biologiques</b>	analyse qualitative des connexions	analyse qualitative : nombre et importance des obstacles. (cartes des obstacles)	
	dénombrements de poissons	approche quantitative : pêches électriques avant/après enlèvement d'obstacles, comptages à la passe à poissons (graphiques du nombre de poissons capturés.)	
<b>contrôle des successions végétales</b>	composition de la végétation	suivi phytosociologique avec comparaison entre zones gérées et zones témoins (MAE) (comparaison des données dans le temps et dans l'espace)	
<b>lutte contre les espèces exotiques</b>	abondance des espèces exotiques	relevés phytosociologiques : indices d'abondance des espèces exotiques (graphique d'évolution de ces indices, cartes de présence de ces espèces)	
<b>contrôle de la fréquentation</b>	nombre de visiteurs	comptage et cartographie des visiteurs (graphique d'évolution de ces indices, cartes)	
	abondance des espèces sensibles au dérangement	nombre de couples d'oiseaux sensibles, relevés phytosociologiques de groupements sensibles (graphique d'évolution de ces indices, cartes)	
<b>contrôle de la pression de pêche</b>	nombre de pêcheurs	comptages absolus ou relatifs des pêcheurs, cartographie graphique d'évolution de ces indices, cartes	
<b>génie écologique</b>	suivi d'indicateurs faunistiques ou floristiques	pour chaque site traité : suivi phytosociologique ou suivi d'espèces indicatrices ou remarquables, comparaison avec des parcelles témoins (tableau de comparaison avant-après, graphique d'évolution des espèces suivies)	
<b>adaptation des pratiques agricoles</b>	proportion STH/SAU, modes de gestion des prairies	cartographies et enquêtes parcellaires, relevés d'indicateurs sur dates de fauche	

A gauche :  
la tourbière de Cerin,  
dans le Bugey (Ain), autour  
de son "œil" lacustre.

A droite :  
le marais de Beaurières  
(Drôme), dans le fond  
de la vallée de la Drôme



# Marais et tourbières, Zones humides de bas fonds en tête de bassin

## [ 1 ] Définition

**Le bassin Rhône-Méditerranée-Corse possède une grande diversité de zones humides de faible profondeur (marais, tourbières, zones de sources...).**

### ⇒ Les zones humides de bas fonds en tête de bassin

“Zones humides de tête de bassin ou de pente, alimentées par les eaux de ruissellement et les eaux de pluies” (Définition du SDAGE).

Les sous-types présents dans le bassin RMC sont les tourbières hautes et basses, les milieux fontinaux, les prairies humides, les prairies tourbeuses, les pozzines corses, les aulnaies, les saulaies, les phragmitaies, les cariçaies,...

### ⇒ Marais et tourbières de plaines et plateaux

“Milieux humides déconnectés des cours d'eau et plans d'eau, pouvant être temporairement exondés, plus ou moins connectés à la nappe” (Définition du SDAGE).

Les sous-types présents dans le bassin RMC sont les zones humides des plateaux imperméables, les zones de sources, les tourbières hautes et basses et les marais.

Au niveau de ce guide, ces deux grands types de zones humides sont traités dans un même chapitre, car ils présentent un certain nombre de caractères généraux communs.

Indépendamment de leur position topographique (altitude, plateau ou plaine), ces zones humides peuvent avoir le même fonctionnement suivant le type d'alimentation en eau et le degré du trophie de cette eau.

Ces différents milieux sont étroitement liés. Véritables “mosaïques” de zones humides, ils constituent un “système” à part entière où la distinction entre tourbe et milieu tourbeux ou para-tourbeux est délicate : prairie humide/prairie tourbeuse/landes para-tourbeuse/marais/tourbière/bords de lac.

Les tourbières sont bien représentées dans le bassin, en bordure est du Massif Central, dans les Alpes, (pays de Gavot), le Jura (vallée du Drugeon), plateau de Bonnevaux, zone de piémonts,... Au niveau national, 50 % des tourbières ont disparu au cours des 50 dernières années, ce sont les zones humides les plus fragiles, elles représentent donc un enjeu fort au niveau du bassin Rhône-Méditerranée-Corse. Au regard de leur importance et de leur complexité, le cas des tourbières fait l'objet d'une présentation détaillée dans ce chapitre.

Enfin, les landes humides ne sont pas décrites ici car elles ne sont pas présentes dans le bassin RMC.

## [ 2 ] Structure

Les situations géomorphologiques sont très contrastées, depuis les tourbières d'altitude jusqu'aux marais de plaine.

La structure de ces zones humides dépend de deux facteurs :

- leur emplacement au sein du bassin versant : creux, pente, combe, zones de suintement, zone de piémont haute terrasse / versant, plateau sur substrat argileux (Bonnevaux...),
- les arrivées d'eau de ruissellement diffus et/ou souterrain, seules sources plus ou moins chargées en matières dissoutes et particulières.

Ces apports de matières stagnent dans la zone dépressionnaire et évoluent en fonction du climat, de la géologie du milieu, et de son acidité (pH).

## [ 3 ] Fonctionnement

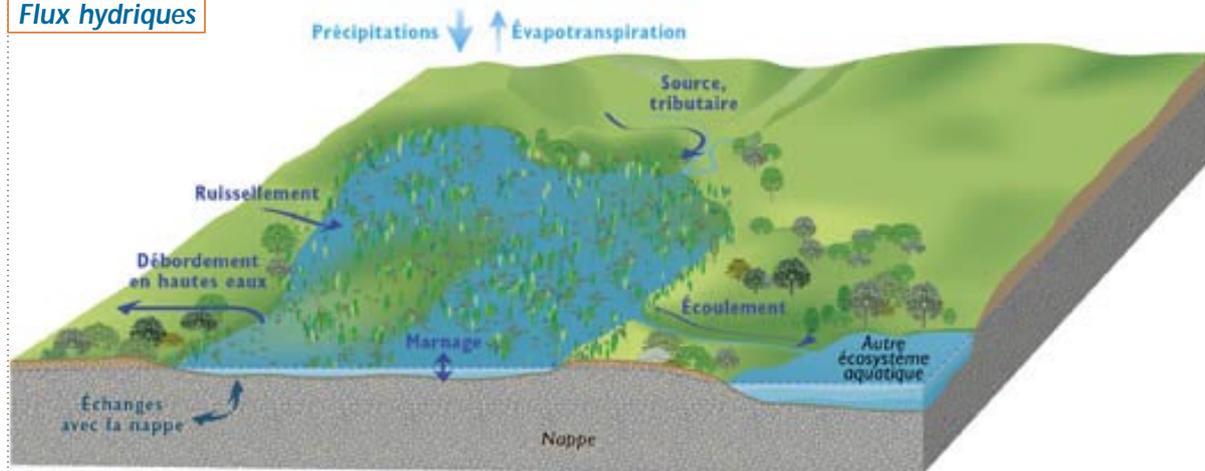
### 3.1 ■ Cas général

#### ⇒ Flux hydriques

Les tourbières, prairies humides et marais sont alimentés en eau par la pluie, les sources, la fonte des neiges en tête de bassin, les eaux de ruissellement, les affleurements de nappes (nappes de "surface" en tête de bassin, pas de véritable "nappe phréatique") et des connexions éventuelles avec d'autres zones humides.

Les marais sont surtout alimentés en eau par les précipitations, les sources et le ruissellement.

#### Flux hydriques



Les marais constituent des zones d'accumulation, limitée en tête de bassin, parfois intense en plaine.

## Marais et tourbières, Zones humides de bas fonds en tête de bassin

### ⇒ Flux minéraux

#### En tête de bassin

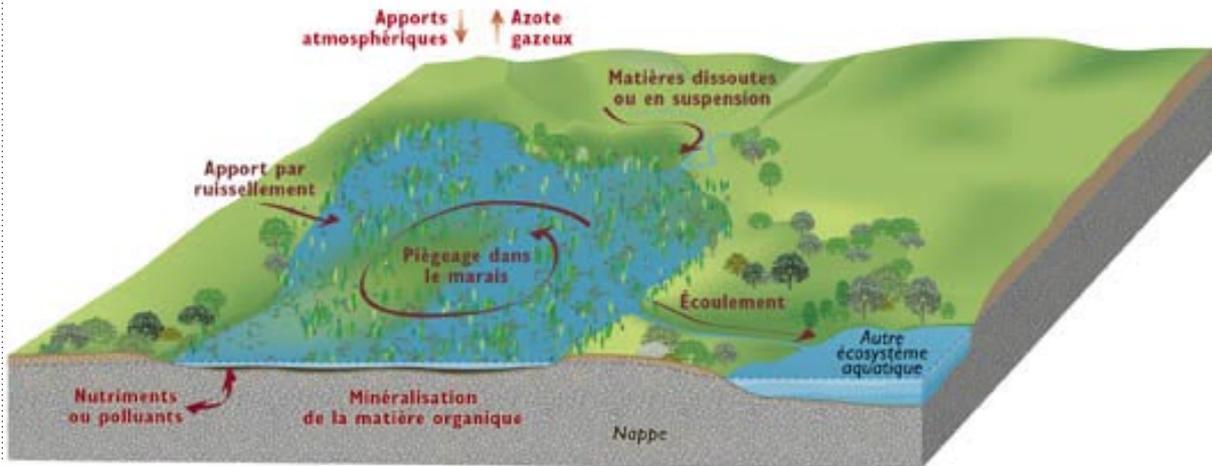
Les eaux de précipitations et de ruissellement sont naturellement peu chargées en matières minérales, ce sont donc des milieux pauvres en minéraux.

#### Sur les plateaux et dans les plaines

L'eau est plus fréquemment dans un état eutrophe bien que quelques fois très peu chargée en matières minérales. La rétention des matières en suspension et la consommation des nutriments et des toxiques sont importantes dans ces milieux (fort pouvoir épurateur des roselières, des marais).

La zone humide connaît des échanges avec les autres marais situés à l'amont ou à l'aval : déplacements des animaux, descente de matière organique et de graines avec le flux d'eau. Des échanges s'effectuent également entre le marais et sa périphérie, à travers le ruissellement, ou par les déplacements des animaux (par exemple, reproduction dans le marais des amphibiens de la forêt voisine).

### Flux minéraux



La faible profondeur d'eau et l'accumulation de matières nutritives permettent une forte production biologique dans les marais de plaine.

### ⇒ Flux de matières organiques

#### En tête de bassin

Les apports de matière organique en tête de bassin versant étant très faibles globalement, l'essentiel de matières organiques (débris, végétaux) provient de la zone humide elle-même.

L'occupation du sol en amont de la zone humide conditionne alors fortement les apports supplémentaires :

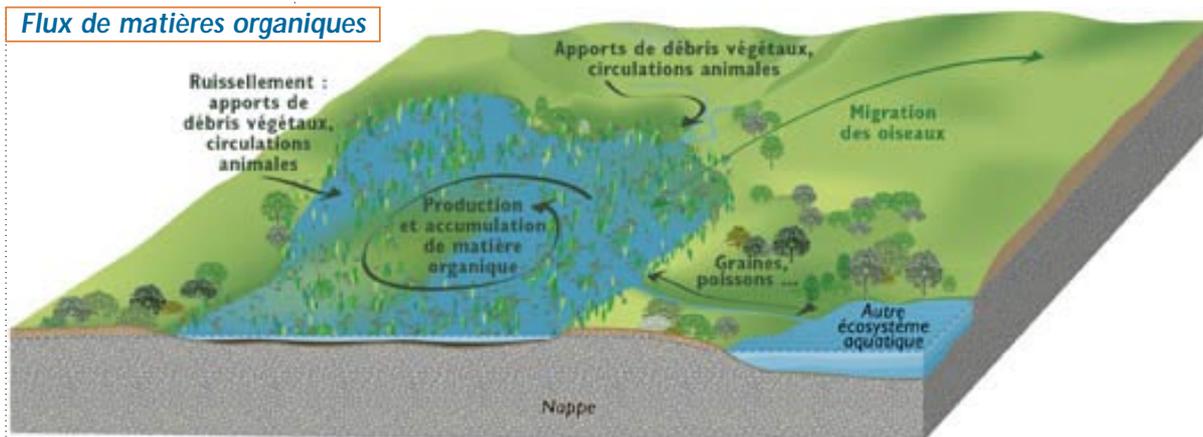
- zone sans activité humaine : apports nuls à faibles
- zone avec des activités humaines (agriculture, industrie, tourisme) : apports pouvant être importants

En aval de ces zones humides, les eaux de ruissellement et/ou les cours d'eau temporairement formés à la fonte des neiges peuvent être enrichis par la matière organique formée in situ.

### Sur les plateaux et dans les plaines

Les marais ont une forte productivité primaire et secondaire. La diversité floristique et faunistique est grande : les roselières des berges servent d'abri, de site de reproduction pour une grande variété d'espèces animales (insectes, poissons, amphibiens, oiseaux paludicoles, petits mammifères,...).

#### Flux de matières organiques



## 3.2 ■ Le cas des tourbières

### ⇒ Typologie

Les tourbières présentent une grande variété, tant en ce qui concerne leur origine que leur alimentation en eau.

Lorsque les conditions d'un bilan hydrique positif sont réunies, associées à une production de matière organique excédentaire, les processus de tourbification (production de tourbe par la végétation) peuvent s'amorcer et donner naissance à différents types de tourbières en fonction de leur origine hydrique, de leur âge et de leur support.

La classification la plus intéressante tient compte à la fois de l'origine primitive de l'eau au moment de la formation du milieu (termes en -gène) et du mode d'alimentation hydrique actuel (termes en -trophe) :

- les **tourbières topogènes** résultent de l'accumulation des eaux, provenant de ruissellements ou d'une nappe affleurante, dans une dépression topographique,
- les **tourbières limnogènes** sont issues de l'atterrissement progressif d'une pièce d'eau à partir de radeaux végétaux flottants,
- les **tourbières soligènes** naissent à la faveur d'un écoulement lent et continu le long d'une faible pente (sources, suintements),
- les **tourbières fluviogènes** (ou telmatogènes) sont issues d'une inondation périodique par une nappe alluviale (exemple : marais de Lavours, Ain). Ces tourbières peuvent être sous l'influence d'un cours d'eau ; leur fonctionnement se rapproche alors pour partie des zones humides de plaines alluviales (types 5-6).

Le type d'alimentation en eau actuel (termes en -trophe) qui concourt à la caractérisation de ces milieux est précisé dans la rubrique suivante : flux hydriques.

Typologie...

Certaines tourbières ne sont alimentées en eau que par les précipitations ; les autres reçoivent d'autres apports souterrains ou superficiels.

## Marais et tourbières, Zones humides de bas fonds en tête de bassin

Ces milieux sont en constante évolution dans l'espace et dans le temps. Chaque stade peut régresser vers un stade dynamique antérieur (rajeunissement) sous l'action d'activités humaines (étrépage par exemple).

La typologie des tourbières peut également se faire à partir du pH de l'eau qui conditionne la présence d'espèces végétales spécifiques et on distingue alors deux types de tourbières aux cortèges floristiques bien différents : les tourbières acides à sphaignes, et les tourbières neutro-alkalines à mousses hypnacées.

### Les tourbières acides à sphaignes

Le caractère acide de ces tourbières est apporté par le substrat, puis par la présence de sphaignes qui contribuent à l'acidification du milieu.

### Les tourbières neutro-alkalines à hypnacées

Dans le cas des préalpes calcaires à substrat alcalin et le massif du Jura, des tourbières topogènes et limnogènes neutro-alkalines se développent dans certains cas. Elles peuvent évoluer vers des tourbières acides suite à l'installation de sphaignes, vecteurs d'acidification du milieu et par ombrotrophie.

### ⇒ Flux hydriques - Flux de matières minérales

Quelle que soit leur genèse, les tourbières peuvent être de type minérotrophe ou de type ombrotrophe, selon leur mode d'alimentation hydrique. Dans le cas d'une alimentation **minérotrophique**, les eaux proviennent d'écoulements latéraux et ont été en contact avec le substratum géologique. Au contact du sol, ces eaux se sont généralement enrichies en substances minérales dissoutes, dans des proportions variables dépendant de la nature du substratum.

**Aussi, les tourbières minérotrophes sont très variées, acides à alcalines, oligotrophes à eutrophes.**

On les nomme bas-marais, tourbières basses ou tourbières plates car leur surface est généralement très proche de celle de leur nappe d'alimentation.

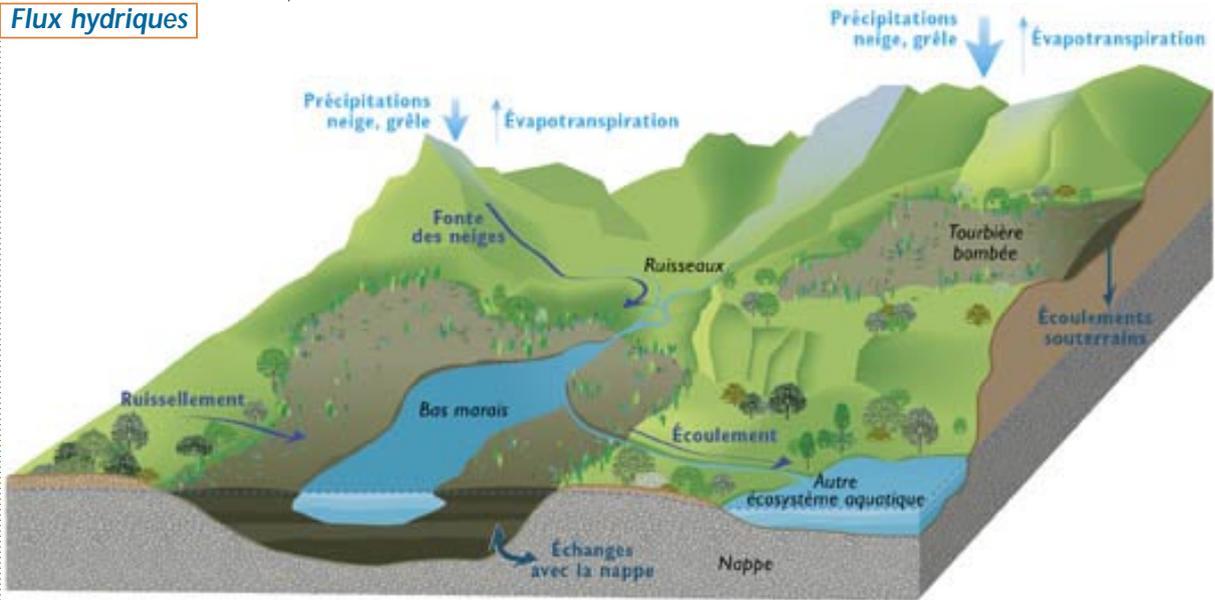
Les tourbières **ombrotrophes**, que l'on rencontre sous des climats très pluvieux, ne sont, quant à elles, alimentées que par les eaux météoriques (pluie, neige, brouillard), acides et pauvres en éléments minéraux. **Elles donnent alors naissance à des tourbières toujours acides et oligotrophes**, dominées par les sphaignes et appelées hauts-marais, tourbières hautes ou tourbières bombées en raison de la forme de dôme généralement prise par leur surface.

Si les tourbières ombrogènes sont forcément de type ombrotrophes, tous les autres types de tourbières (soligène, topogène, limnogène) correspondent à un stade minérotrophe (ruissellement,...).

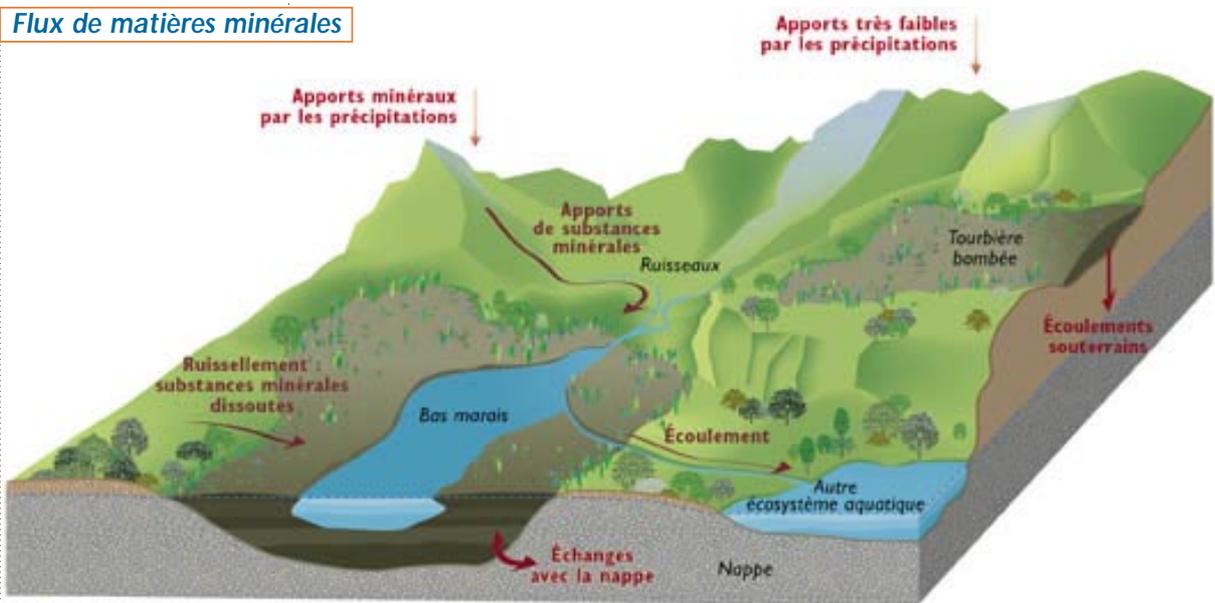
Entre les différents types de tourbières ainsi définis, tant du point de vue de leur mode de genèse que de celui de leur alimentation, des cas intermédiaires existent. Ainsi, par exemple, une tourbière issue à la fois d'un écoulement d'eau le long d'une pente et de l'accumulation de cette eau dans le sol au bas de la pente sera qualifiée de soli-topogène. Par ailleurs, il arrive souvent que les deux modes d'alimentation, minérotrophique et ombrotrophique, coexistent sur une même tourbière alors qualifiée de tourbière mixte. Entre les secteurs ombrotrophes et minérotrophes du site se développe alors une tourbière présentant des caractéristiques intermédiaires entre ces deux faciès, notamment du point de vue de ses caractéristiques chimiques (pH, minéralisation,...) et, par voie de conséquence de sa végétation, que l'on nomme tourbière de transition.

Quel que soit le type de tourbière, l'engorgement permanent et l'asphyxie des dépôts qui en résulte limitent considérablement les processus microbiologiques du sol en bloquant la nitrification.

## Flux hydriques



## Flux de matières minérales



Les tourbières sont généralement assez peu productives sur le plan biologique.

## Marais et tourbières, Zones humides de bas fonds en tête de bassin

### ⇒ Flux de matière organique et originalité biologique

Dans les conditions précédemment citées, l'accumulation de matière organique végétale mal décomposée par les micro-organismes produit de la tourbe.

La pauvreté en nutriments des eaux des tourbières, la rareté de l'azote, une courte période de végétation et des températures pouvant être basses limitent la productivité végétale (sphaignes et Cypéracées) et réduisent l'activité des micro-organismes.

La présence de zone humide dans les bas fonds et tête de bassin, dans des conditions climatiques rudes (froid, neige, gel...) est possible grâce à l'adaptation de la végétation. Les tourbières abritent de nombreuses espèces végétales et animales originales et spécifiques (cortège boréo-arctique), témoins de périodes climatiques plus froides qui leur confèrent une haute valeur patrimoniale.

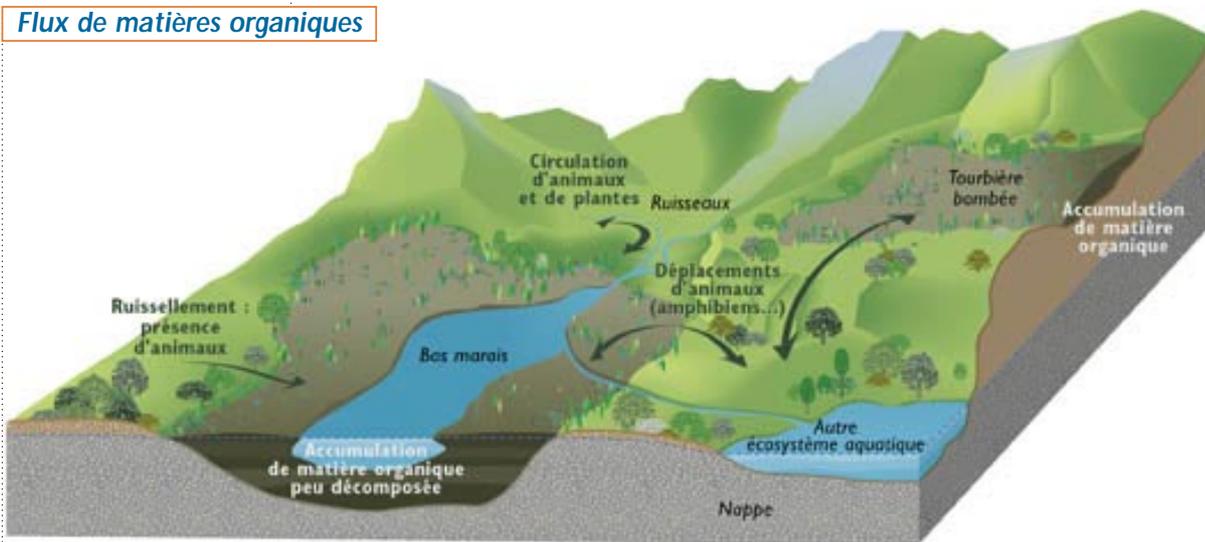
#### Le cas des pozzines corses

Les pozzines corses sont des tourbières acides de montagne situées en pente ou en bas de pente. Les plus remarquables sont des "pozzines de fond", installées sur des substrats issus du comblement plus ou moins complet de lacs d'origine glaciaire (Pozzine du lac de Nino, Pozzi de Marmano), où les phanérogames finissent par s'installer en fin de succession et édifier des "tumulus" (tourbières bombées) séparées par des chenaux et parsemées de trous ("pozzi").

Situées dans l'étage subalpin ou exceptionnellement montagnard elles sont peuplées d'espèces végétales eurosibériennes (65%) et endémiques (35%). On rencontre trois types physionomiquement distincts, dans lesquels la présence de sphaignes n'est pas systématique :

- le marais à laiche sombre (*Carex nigra*),
- le marais à grassette (*Pinguila corsica*) et scirpe cespiteux,
- la pelouse à nard (*Nardus stricta*) et graminées.

### Flux de matières organiques



## [ 4 ]

**Valeurs****4.1 ■ Fonctions / attributs des tourbières et marais**

Un rôle d'éponge naturel.

Les fonctions et attributs développés ci-après concernent essentiellement les tourbières minérotrophes. Les tourbières ombrotrophes, du fait de leur fonctionnement hydrique très particulier, ne sont que peu ou pas concernées (alimentation en eau uniquement météorique) par ces fonctions et attributs.

### ⇒ Épuration des eaux

#### En tête de bassin

Bien que peu étudiée, la rétention des nutriments et des toxiques par ce type de zones humides doit exister. Les eaux de ruissellement chargées de matières en suspension sont filtrées à travers ces zones humides de tête de bassin.

#### En plaines et plateaux

Les marais de plaines et plateaux contribuent, en mettant en jeu différents cycles biogéochimiques, à l'épuration des eaux par :

- rétention des matières en suspension,
- consommation des nutriments,
- rétention des toxiques.

Les roselières des marais sont notamment reconnues comme étant d'importantes consommatrices de nutriments.

### ⇒ Recharge de la nappe / prévention des inondations

Individuellement, une zone humide ponctuelle ne contribue pas de façon significative au stockage des eaux. Par contre, au sein d'un même bassin versant, l'ensemble de ces zones humides peuvent constituer des zones d'accumulation (stockage) des eaux de ruissellement. Elles peuvent ensuite restituer ultérieurement une partie de ces volumes :

- vers la nappe phréatique (rôle "d'éponge") quand la connexion existe,
- en aval par ruissellement lors des débordements.

La régulation hydrique des zones humides d'altitude semble tout de même plus faible que celles des vallées.

### ⇒ Habitat d'espèces sauvages, diversité biologique

Des habitats et des espèces rares et spécialisées.

Ces zones humides renferment une faune et une flore riches et diversifiées pouvant comprendre des espèces rares d'intérêt communautaire. Leurs fonctions sont importantes : habitat pour les espèces végétales, alimentation, reproduction, refuge et repos pour de nombreuses espèces animales.

#### Cas des tourbières

Les tourbières jouent un rôle important dans la conservation de la biodiversité. Ce sont des reliques glaciaires. Elles représentent des habitats d'espèces sauvages remarquables : batraciens, papillons, libellules, reptiles, groupements floristiques comportant des espèces rares et protégées,... Dans le cadre du programme Life "Tourbières de France", 13 des 38 sites "d'actions d'urgence" se situent en RMC.

## Marais et tourbières, Zones humides de bas fonds en tête de bassin

### ⇒ Originalité, patrimoine culturel

De par leurs richesses biologiques et les usages qui leur sont associés, les marais de plaines constituent des éléments forts du patrimoine culturel d'une région.

Patrimoine paysager et culturel remarquable, l'aspect relictuel des tourbières leur confère une valeur patrimoniale de niveau national, voire international. Elles présentent aussi un intérêt archéologique et géologique du fait de leur pouvoir conservateur. Elles jouent un rôle important pour la connaissance de l'histoire d'une région (palynologie). Enfin, elles ont également un intérêt ethnologique lié à certaines pratiques ancestrales d'utilisation de la tourbe (fête de la tourbe dans le Jura).

## 4.2 ■ Produits / services

### ⇒ Activités récréatives, paysage

Ces zones humides constituent un paysage typique très apprécié des naturalistes malgré leur mauvaise "réputation" (prolifération de moustiques, eaux stagnantes,...). Une "paysage d'ambiance" se dégage de ces milieux de plus en plus attractifs pour le tourisme vert.

### ⇒ Ressources en espèces sauvages

Grâce à leur richesse, leur diversité floristique et faunistique, et à la forte productivité des milieux, les marais déconnectés de plaines présentent des ressources importantes exploitées par l'homme.

### ⇒ Ressources agricoles

Suite à la déprise agricole, l'exploitation de ces zones humides est actuellement en fort déclin. Le pâturage, facteur de régénération, et la fauche participaient grandement au maintien de ces milieux ouverts. Longtemps exploitée comme combustible, la tourbe est actuellement surtout destinée à l'horticulture (engrais "vert", rempotage,...).

## [ 5 ] Menaces et enjeux de conservation

Diverses atteintes à la structure et au fonctionnement de ces zones humides ont été observées.

Le tableau de synthèse en présente l'origine et les conséquences.

Durant ces 50 dernières années, ces zones humides ont essentiellement disparu à cause du drainage pour la mise en culture.

À l'heure actuelle, d'une façon générale et suivant leur position dans le bassin versant, plusieurs types menaces et/ou atteintes sont identifiées :

- en tête de bassin : la fermeture des milieux par abandon, la coupure d'alimentation en eau amont,
- en aval : la destruction (pour construction et/ou aménagements) par ennoisement ou drainage.

**Les principales causes de disparition de ces milieux sont le drainage ou l'ennoisement.**

Ces activités "consomment" directement de l'espace et suppriment les zones humides :

- les zones humides sont drainées, voire remblayées pour des aménagements agricoles ou touristiques,
- des ennoisements sont effectués pour la construction d'ouvrages hydroélectriques, la création de plan d'eau artificiel (pêche, chasse, tourisme), de captages pour l'alimentation en eau potable ou en eau des canons à neige,
- les tourbières de montagne sont souvent situées dans des zones à faible activité humaine. Certaines ont toutefois été dégradées, voire détruites par l'extraction de la tourbe, le drainage et la plantation de résineux, les aménagements ou la fréquentation touristiques (randonnée, camping sauvage,...) etc.

Les marais et tourbières font généralement l'objet d'une faible activité humaine.

Les marais et tourbières sont très menacés, en particulier par le drainage à finalité agricole et le boisement, spontané ou artificiel.

**Les modifications fonctionnelles engendrent une fermeture du milieu, des dysfonctionnements hydriques et des atteintes à la qualité des eaux.**

L'abandon de l'exploitation traditionnelle des marais (pâturage, fauche) entraîne leur boisement, à l'origine d'une banalisation de la faune et de la flore.

Les dysfonctionnements hydriques proviennent de différents types d'actions : l'enneigement ou la suppression de l'alimentation en eau. Cette dernière peut résulter de la création de chemins forestiers, de pistes de ski, d'infrastructures linéaires et de prélèvements directs (alimentation en eau potable, canon à neige, irrigation).

Les rejets directs ou indirects dans les zones humides et/ou en amont de celles-ci portent atteintes à la qualité des eaux du milieu (in situ) et à la biocénose associée.

## 6

### Actions

Différents types d'actions peuvent être envisagés pour le maintien des valeurs des zones humides de bas fonds en tête de bassin :

⇒ *La préservation de l'intégrité de ces zones humides peut s'appuyer sur différents types d'actions*

- l'intégration au POS de la zone humide avec mise en place d'un règlement adapté, les acquisitions foncières ou d'usages et l'utilisation d'instruments juridiques de protection des milieux naturels limitent des pressions sur les terrains,
- l'épuration des eaux usées pour limiter les rejets non traités dans le milieu aquatique,
- le contrôle de l'intensification agricole dans le bassin versant par des CTE (en plaines et plateaux surtout),
- la concertation de gestion entre différents partenaires,
- la limitation/gestion de la fréquentation.

⇒ *La restauration du fonctionnement de ces zones humides doit s'appuyer sur un certain nombre de principes d'actions telles que :*

- la maîtrise des activités et des usages,
- la gestion conservatoire (pâturage, fauche,...) et la restauration du fonctionnement agricole (parcours de transhumance en tête de bassin, mise en place de C.T.E., conventions agricoles en plaines et plateaux),
- la préservation, la restauration du mode d'alimentation en eau (gestion des prélèvements directs et indirects),
- la restauration de sites drainés par des aménagements de radiers, de barrages-seuils, des opérations de reméandrage ou le comblement des fossés,
- le contrôle de la dynamique végétale, le décapage et l'étrépage de la tourbe.

La lutte contre le drainage constitue souvent l'une des priorités d'action.

## 7

### Tableau de synthèse

Le tableau ci-après présente une synthèse des différents éléments de fonctionnement, de valeurs, d'atteintes et d'actions, utiles pour l'étude complète d'un écosystème lagunaire et marais.

En face de chacun des éléments cités, se trouvent un ou plusieurs indicateurs ou famille d'indicateurs :

- ceux qui doivent être connus en priorité sont mentionnés par : ⇒
- certains indicateurs font l'objet d'une fiche technique présentée dans la partie 2 du guide (page 91).

# Tableau indicateurs

## Marais et tourbières, zones humides de bas fonds en tête de bassin

	■ Indicateurs ou familles d'indicateurs	■ Nature ou type d'investigation (mode de représentation)	■ Phénomènes révélés par l'indicateur
<b>S T R U C T U R E D E L A Z O N E H U M I D E</b>			
description physique	localisation : longitude, latitude	localisation sur une carte IGN1/25 000 (carte de localisation)	importance spatiale de la ZH
	superficie	mesures de terrain (gestionnaire ou géomètre), mesures sur photographies aériennes (carte de localisation)	
	altitude moyenne	moyenne calculée d'après la carte IGN 1/25 000, ou altimètre (carte de localisation)	contexte climatique du site
nature géologique	géologie superficielle (roche acide ou basique), structures géologiques principales	lecture de la carte géologique BRGM du secteur (carte géologique)	connaissance de l'acidité des sols déterminante pour le type de tourbières
structure horizontale et verticale de la végétation	stratification de la végétation, répartition horizontale (habitats), stade d'évolution des milieux	observations de terrain de répartition de la végétation, des surfaces en eau et zones anthropiques (carte de l'occupation du sol)	données de base pour le diagnostic, l'identification du type de milieu et la gestion
composition végétale de la zone humide, occupation du sol	liste des différents habitats, % d'occupation du sol	observations de terrain de répartition de la végétation, des surfaces en eau et zones anthropiques (carte de l'occupation du sol)	
⇒ état hydrique/équilibre niveau d'artificialisation	identification des seuil, clôture, ponton, drains, creusement...	observations de terrain et éventuellement de photographies aériennes (carte de localisation)	identification des sources potentielles de perturbation
structure horizontale du système et zone d'influence	indicateurs de mosaïque, CORINE Land Cover (occ. sol dans le périmètre)	observations de terrain et de photographies aériennes (carte de localisation)	données de base pour le diagnostic, l'identification du type de milieu et la gestion
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D U F O N C T I O N N E M E N T</b>			
<b>FLUX HYDRIQUES</b>			
⇒ type d'apport en eau (appréciations simples)	identification du ou des facteurs dominants d'alimentation en eau de la zone humide	localisation des entrées et sorties d'eau, de la circulation, du degré d'anthropisation des arrivées d'eau par observations de terrain, de photographies aériennes (carte de localisation)	conditionne le type de tourbière en place
type d'apport en eau (recherche)	modèle mathématique, bilan de flux (domaine de la recherche)	recherche (carte de localisation et de quantification des flux hydriques)	
<b>FLUX BIOGÉOCHIMIQUES (APPRECIATION DE LA QUALITÉ DU MILIEU)</b>			
⇒ tourbières ombrotrophes	présence de sphaignes et/ou de molinie (assèchement lié au drainage), présence de callune (stade terminal asséché)	observations de terrains (relevés floristiques) carte de localisation, liste floristique	détermine le type de tourbière, témoin de l'assèchement par drainage, témoin d'un stade terminal asséché
⇒ tourbières minérotrophes	développement de ligneux (bouleaux, aulnes) ou d'une espèce monospécifique (molinie, cladium, roseau)	observations de terrains (relevés floristiques), recherche de relevés floristiques antérieurs (carte de localisation, liste floristique, comparaison des listes floristiques)	détermine le type de tourbière
	☒ diversité floristique, stades initiaux ou prairiaux	observations de terrains (relevés floristiques), recherche de relevés floristiques antérieurs (carte de localisation, liste floristique, comparaison des listes floristiques)	
	☒ type de gestion en place	enquête auprès des gestionnaires (documents de gestion)	témoin du mode de gestion du milieu

# Tableau indicateurs

## Marais et tourbières, zones humides de bas fonds en tête de bassin

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D U F O N C T I O N N E M E N T ( S U I T E )</b>			
<b>FLUX BIOGÉOCHIMIQUES (APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DU MILIEU)</b>			
élément de prédiagnostic, de recherche quel que soit le milieu	évaluation des intrants par dosages d'éléments nutritifs aux principales arrivées dans le système	mesures physico-chimiques dans l'eau et les sédiments des formes de l'azote et du phosphore graphique présentant l'évolution des concentrations, (carte de situation des prélèvements)	degré de trophie du milieu
	évaluation des intrants par dosages de substances toxiques aux principales arrivées dans le système	mesures physico-chimiques dans l'eau et les sédiments des métaux, hydrocarbures et phytosanitaires (graphique présentant l'évolution des concentrations, carte de situation des prélèvements)	
évaluation de la consommation des nutriments dans le système, la rétention des toxiques, des matières en suspension	mesures des toxiques dans les sédiments et dans l'eau mesures des matières en suspension dans l'eau	mesures physico-chimiques dans l'eau et les sédiments des éléments recherchés en amont et en aval du système (domaine de la recherche) (graphique présentant l'évolution des concentrations, carte de situation des prélèvements)	évaluation de la capacité auto-épuratoire de la zone humide
rejets directs dans le milieu	évaluation de l'évolution de l'occupation du sol dans le BV (chroniques de photos aériennes)	fiche technique : occupation du sol (cartographie de l'occupation du sol)	pression anthropique
	identification et évaluation quantitative et qualitative des rejets	enquête de terrain, identification des installations classées (DRIRE), identification des redevances auprès des Ag. Eau, de la Police de l'Eau (cartographie des rejets, calculs des charges dans le milieu)	identification des rejets, sources de pollution
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D E L A V A L E U R</b>			
<b>FONCTIONS / ATTRIBUTS (VALEUR INTRINSÈQUE)</b>			
épuration des eaux	évaluation des éléments nutritifs et des toxiques amont/aval	domaine de la recherche graphique présentant l'évolution des concentrations, carte de situation des prélèvements	importance de la ZH pour cette fonction
prévention des inondations	superficie des zones humides par rapport au bassin versant	délimitation du bassin versant (carte IGN 1/25000) puis délimitation de la zone humide (photographie aérienne ou carte) puis calcul du rapport des surfaces (carte de localisation)	
diversité biologique/habitat d'espèces sauvages	nombre d'espèces protégées, comptage du nombre d'espèces représentées, abondance	relevés de terrain, enquête auprès des gestionnaires ou des DIREN (inventaires ZNIEFF) et calcul d'abondance (carte de localisation et liste floristique)	
originalité, patrimoine culturel	type de protection juridique	consultation des documents de gestion, de document auprès des DIREN, Conservatoire...	
→ ressources en espèces sauvages	recensement	relevés de terrain, enquête auprès des gestionnaires, consultation des listes floristiques (carte de localisation)	
→ ressources agricoles	tonnage exporté, UGB/ha	enquête auprès des exploitants, des gestionnaires (graphique présentant l'évolution des tonnages exploités)	
<b>PRODUITS / SERVICES NATURELS (RESSOURCE)</b>			
activités récréatives, paysage	capacité d'accueil	existence ou pas de structures d'accueil (cartographie des structures d'accueil)	importance de la ZH pour cette fonction
	évaluation fréquentation	existence ou pas de sentier balisé ou reconnu, enquête auprès des offices de tourisme, comptage du nombre de visiteurs, accessibilité au site (cartographie des zones fréquentées, et graphiques d'évolution)	pression anthropique
pâturage	+système exploité, UGB/ha	enquête auprès des exploitants et/ou des gestionnaires (cartographie des zones pâturées)	

# Tableau indicateurs

## Marais et tourbières, zones humides de bas fonds en tête de bassin

	<b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	<b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	<b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>M E N A C E S E T E N J E U X D E C O N S E R V A T I O N</b>			
<b>USAGES</b>			
 <b>urbanisation, aménagement, équipement</b>	caractérisation de la pression anthropique et du taux d'urbanisme dans le bassin versant	enquête en mairie pour examen du POS, examen par photographie aérienne de la réduction ou de l'augmentation des surfaces en eau, des modifications des arrivées d'eau ( <i>taux d'urbanisation, carte de l'évolution de l'occupation du sol, carte des surfaces en eau</i> )	ampleur et évolution de la pression humaine, ampleur de l'artificialisation
<b>tourisme</b>	fréquentation, urbanisation, évolution des populations estivales et hivernales  +taux d'urbanisation	comptage du nombre d'individus, du nombre de voitures, enquête auprès des offices de tourisme ( <i>tableaux, graphiques d'évolution</i> ) enquête en mairie pour examen du POS, examen par photographie aérienne de la réduction des surfaces en eau ( <i>tableaux, graphiques d'évolution</i> )	pression touristique, modification dans la structure pression touristique, modification dans la structure
<b>agriculture</b>	politiques agricoles, structure, durabilité pâturage, structure des habitats	enquête auprès des gestionnaires et/ou exploitants, observations de terrains ( <i>cartographie des zones pâturées</i> )	ampleur de l'activité dans la région
<b>exploitation ressource</b>	prélèvement, pompage direct, tonnage tourbe exploité (pm)	enquête auprès des gestionnaires et/ou exploitants, observations de terrains ( <i>cartographie des ouvrages</i> )	pression sur la ressource ou exploitation du milieu
<b>chasse</b>	caractérisation de la pression cynégétique : suivi des populations	nombre de chasseurs dans les fédérations, examen de la structure et démographie des populations exploitées par observations de terrains évolution du nombre de permis, ( <i>carte de localisation des espèces et liste associée</i> )	importance de la pression sur la ZH
<b>P H É N O M È N E S I N D U I T S</b>			
<b>MODIFICATIONS HYDRAULIQUES</b>			
 <b>modifications des arrivées d'eau</b>	bilan hydrologique, niveau d'eau	observations de terrain, enquête auprès des gestionnaires et/ou exploitants ( <i>carte de localisation et de quantification des flux hydriques</i> )	caractérise le fonctionnement hydraulique et détermine le type de tourbière
	bilan des espèces végétales aquatiques, amphibiens et terrestres	observations de terrain, relevés floristiques ( <i>cartographie des espèces végétales</i> )	traduit les modifications du fonctionnement hydraulique
<b>prélèvements excessifs</b>	nombre d'autorisations de prélèvements, niveau d'artificialisation du milieu	observations de terrain, enquête auprès des gestionnaires et/ou exploitants, enquête auprès des organismes d'Etat (DRIRE), Ag. de l'Eau ( <i>cartographie des prélèvements</i> )	traduit les modifications du fonctionnement hydraulique
<b>POLLUTIONS</b>			
<b>pollution des eaux et des sédiments par rejets indirects</b>	identification des rejets amont diffus	observations de terrain (recherche de décharges et de sites pollués par ex.), enquête auprès des Agences de l'Eau, des organismes d'Etat (Police de l'eau) de tous rejets amont dans le bassin versant ( <i>identification et cartographie des rejets</i> )	localisation des sources potentielles de pollution
	type d'occupation du sol	fiche technique occupation du sol ( <i>fiche technique</i> )	
	bilan en éléments nutritifs et/ou toxiques dans les eaux et les sédiments	prélèvements in situ ( <i>graphique présentant l'évolution des concentrations, carte de situation des prélèvements</i> )	évaluation du taux de pollution d'origine diffuse
<b>pollution des eaux et des sédiments par rejets directs</b>	recensement de terrain et enquête pour une identification des rejets agricoles, industriels, domestiques : enquête auprès de l'Agence de l'Eau, DRIRE, SATESE, DDAF, usagers du milieu (pêcheurs, chasseurs,...)	enquête auprès de l'Agence de l'Eau, Police de l'Eau, DRIRE, SATESE, DDAF, usagers du milieu (pêcheurs, chasseurs,...) cartographie des rejets, calculs des charges dans le milieu	évaluation du taux de pollution d'origine directe
	bilan en éléments nutritifs et/ou toxiques dans les eaux et les sédiments	prélèvements in situ ( <i>graphique présentant l'évolution des concentrations, carte de situation des prélèvements</i> )	

# Tableau indicateurs

## Marais et tourbières, zones humides de bas fonds en tête de bassin

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>P H E N O M E N E S I N D U I T S ( S U I T E )</b>			
<b>MODIFICATIONS PHYSIQUES</b>			
➔ <b>assèchement, drainage</b>	tendance évolutive de superficie des zones humides	mesures de terrain (gestionnaire ou géomètre), mesures sur photographies aériennes <i>(carte de localisation)</i>	évolution spatiale de la ZH
	☒ structure des habitats	observations de terrain de répartition de la végétation, des surfaces en eau et zones anthropiques <i>(carte de l'occupation du sol)</i>	évolution spatiale de la ZH, de sa structure
	☒ modifications d'ouvrages hydrauliques	observations de terrain, enquête auprès des gestionnaires, usagers du milieu et de ses abords <i>(localisation des nouveaux ouvrages)</i>	évolution spatiale de la ZH
	☒ subventions agricoles	enquête auprès de la DDAF, de la chambre d'Agriculture, des agriculteurs <i>(taux de subvention)</i>	évolution des zones cultivées
<b>mise en eau, ennoiemnt</b>	nombre d'autorisations	enquête auprès des organismes d'Etat, <i>(cartographie de la superficie des écosystèmes)</i>	évolution des surfaces en eau
	évolution des surfaces en eau	observations de terrain et/ou de photographies aériennes <i>(carte de l'occupation du sol)</i>	
<b>fermeture des milieux</b>	composition floristique, structure des habitats, espèces ligneuses envahissantes	observations de terrain (relevés floristiques), enquête auprès des gestionnaires et/ou exploitants, enquête auprès des organismes d'Etat pour montant des subventions cartographie de répartition des cortèges floristiques, <i>(graphique d'évolution des montants alloués)</i>	évolution spatiale de la ZH
<b>pastoralisme</b>	nombre d'animaux/ha et types d'animaux, calendrier de pâturage	enquête auprès des exploitants agricoles et/ou des gestionnaires du site, observations de la végétation sur le terrain <i>(cartographie des zones pâturées)</i>	évolution spatiale de la ZH/ zones pâturées
	composition floristique, structure des habitats	observations de terrain (relevés floristiques) <i>(cartographie de répartition des cortèges floristiques, )</i> indicateurs phytosociologiques,...)	
<b>piétinement, fréquentation</b>	enquête de fréquentation (cheminement par l'homme) et identification des zones de dégradations	comptage du nombre d'individus, du nombre de voitures, observations par photographie aérienne des cheminements <i>(cartographie des zones de piétinement, de décharge)</i>	pression de fréquentation
	capacité d'accueil	existence ou pas de structures d'accueil <i>(cartographie des structures d'accueil)</i>	
<b>MODIFICATIONS BIOGÉOCHIMIQUES</b>			
<b>pression de chasse</b>	caractérisation de la pression cynégétique	enquête de terrain et enquête auprès des chasseurs et des fédérations de chasse pour la caractérisation de l'avifaune, pop. oiseaux nicheurs et non nicheurs <i>(cartographie de fréquentation, traitements statistiques)</i>	évolution spatiale de la ZH, pression de chasse
		enquête de terrain et enquête auprès des chasseurs et des fédérations de chasse pour connaître le nombre de permis de chasse/unité de surface <i>(graphiques d'évolution de la fréquentation et cartographie des zones chassées)</i>	

# Tableau indicateurs

## Marais et tourbières, zones humides de bas fonds en tête de bassin

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation</b> (mode de représentation)	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>A C T I O N S D E R E S T A U R A T I O N E T D E G E S T I O N</b>			
➔ protection	inventaire des procédures	enquête auprès des DIREN cartographie des surfaces protégées, graphiques d'évolution des surfaces	état et évolution des protections
	acquisition foncière	recensement des acquisitions auprès des réserves, Conservatoire, communes, ...	enquête auprès des mairies, des conservatoires, de l'ATEN (cartographie des zones acquises, évolution du taux de protection)
➔ préservation du mode d'alimentation en eau	nombre de plans de gestion, de périmètre de protection établis, nombre de dossiers "loi sur l'Eau" déposés en Préfecture	enquête auprès des gestionnaires et des organismes d'Etat, des chambres d'agriculture (cartographie des surfaces protégées, graphiques d'évolution des surfaces)	état et évolution des protections du mode de fonctionnement hydraulique
	intégration au document d'urbanisme	règlement adapté	enquête en mairie (consultation des POS) (cartographie)
➔ concertation, modalités de gestion	nombre de plans de gestion établis dans le temps	enquête en mairie, en Préfecture, auprès des gestionnaires de milieux naturels (cartographie de zonage en fonction des types de plans)	évolution du mode de gestion
	épuration des eaux usées à l'amont	nombre de stations d'épuration nouvelles, des stations par lagunage, subvention Agence de l'Eau	enquête auprès des Ag de l'Eau, de terrain, des organismes d'Etat (cartographie de localisation des STEP, évolution des volumes traités)
	contrôle de l'intensification agricole, modalité de pâturage, gestion traditionnelle, contrôle de la dynamique végétale	nombre d'aides accordées dans le cadre de MAE - CTE, nombre de plans de gestion agricole établis	enquête auprès des gestionnaires et des organismes d'Etat, des chambres d'agriculture (cartographie des zones pâturées, des zones soumises à une convention de gestion)
	restauration hydraulique de sites drainés	évolution du nombre de radiers, de barrages seuils...	observations de terrain, suivi des niveaux d'eau (cartographie des ouvrages, graphiques d'évolution des des niveaux d'eau de surface et/ou souterraine)
	gestion de la fréquentation/information, communication, structures d'accueil	structure d'accueil, aménagement (points de vision, sentiers,...), charte de fréquentation/budget communication	enquête auprès des gestionnaires (comptage et cartographie des zones fréquentées, graphiques d'évolution)
		abondance des espèces sensibles au dérangement	nombre de couples d'oiseaux sensibles, relevés phytosociologiques de groupements sensibles (graphiques d'évolution de ces indices, cartes de localisation)
	encadrement des pratiques cynégétiques	mise en réserve, plan de gestion	enquête auprès des gestionnaires, des fédérations de chasse comptage et cartographie des zones fréquentées, (graphiques d'évolution)



Un étang de Dombes



## Régions d'étangs

### [ 1 ]

### Définition

Les étangs, plans d'eau peu profonds, se concentrent de façon spectaculaire sur certaines parties du bassin RMC.

Ce type de zone humide est particulier car il doit être analysé à deux échelles :

- l'échelle de l'étang lui-même,
- l'échelle de l'ensemble constitué de plusieurs étangs.

Un étang peut être défini comme un plan d'eau douce peu profond (généralement moins de 2 mètres), de surface supérieure à 1 000 m<sup>2</sup> (surface inférieure : mare).

Les étangs sont des zones humides artificielles, créées par rétention d'eau dans des dépressions, généralement en vue de favoriser la production piscicole.

Ce caractère artificiel a des conséquences importantes :

- forte présence des activités humaines (pêche, chasse, agriculture,...),
- nécessité d'une gestion visant à contrôler l'atterrissement.

Une région d'étangs peut être définie comme un complexe d'étangs présentant de fortes interactions, entre les étangs et avec le milieu environnant (bassin versant) et des complémentarités :

- échanges biologiques permettant le maintien de populations viables des espèces végétales et animales,
- présence d'un grand nombre d'espèces, grâce à la diversité des étangs (ouverts ou forestiers, grands ou petits, à sec ou en eau,...).

Du fait de ces interrelations, l'ensemble de la région d'étangs forme une unité fonctionnelle cohérente, incluant les espaces terrestres entre étangs.

La complémentarité intervient dès la présence de deux étangs, mais la notion de "région" implique la présence de plusieurs dizaines d'étangs. Si des étangs isolés peuvent avoir été créés dans de nombreux endroits, les régions d'étangs sont liées à des conditions géologiques particulières (vastes surfaces peu perméables liées à un sol argileux).

Les régions d'étangs du bassin RMC sont les suivantes :

- Dombes (Ain, 1 300 étangs),
- Ile Crémieu (Isère),
- Bonnevaux (Isère),
- Mille Étangs (Haute-Saône),
- Bresse (Ain, Saône-et-Loire, Jura)...

## [ 2 ] Structure

### 2.1 ■ Structure des étangs

L'écosystème des étangs est très lié à leur topographie et à l'occupation des sols à sa périphérie.

#### ⇒ Surface

La surface des milieux naturels en général et des étangs en particulier a une grande importance sur leur écologie. Les grands étangs possèdent une diversité spécifique plus forte que les petits (par exemple, certaines espèces d'oiseaux exigeantes ne peuvent se reproduire que sur les grands étangs).

#### ⇒ Profondeur

Contrairement aux lacs, les étangs ne sont jamais très profonds. Leur profondeur peut toutefois varier selon les lieux. Ce facteur a des incidences écologiques : espérance de vie moindre pour les étangs très peu profonds, nature des communautés végétales,...

#### ⇒ Pentes et tracés des berges

Les étangs aux berges en pentes douces possèdent des ceintures de végétation beaucoup plus étendues et diversifiées que les étangs à berges pentues.

De même, les étangs aux berges sinueuses, ou comportant des îles, sont plus intéressants que ceux présentant un linéaire de berge minimal.

#### ⇒ Nature du sol

La nature géologique du terrain (acidité) a une incidence sur les communautés végétales. L'épaisseur de la terre végétale au-dessus de l'argile imperméable (peu fertile) conditionne le développement de la végétation aquatique.

#### ⇒ Végétation de l'étang

Un étang est constitué de différentes unités de végétation organisées en fonction des niveaux d'eau. Ces unités de végétation sont susceptibles d'évoluer rapidement sous la pression des actions humaines ou des processus de colmatage. L'équilibre entre ces unités est très important pour l'écologie de l'étang :

- les herbiers aquatiques (potamots, myriophylle,...) ont un rôle biologique et écologique fondamental dans l'écosystème "étang". Ils constituent par exemple une nourriture importante pour les oiseaux et les poissons ainsi que des supports de ponte et des zones de cache pour la faune piscicole ;
- la végétation flottante (nénuphar, renoncule aquatique, châtaigne d'eau,...) permet la reproduction d'espèces animales spécialisées (guifettes,...) ; la prolifération de la châtaigne d'eau en Dombes peut toutefois entraîner une baisse de la productivité piscicole (diminution de la lumière et baisse de la concentration de l'oxygène d'eau) ;
- les vasières se développent en cas de mise en assec de l'étang, ou par baisse du niveau d'eau en cours d'été. Dans le premier cas, les vasières, présentes au printemps, sont intéressantes pour certains oiseaux d'eau (limicoles nicheurs) ; dans le deuxième cas, les vasières, tardives, sont remarquables par leur flore ;
- les hélrophytes (roseaux, joncs,...) sont des unités très intéressantes pour l'avifaune, notamment lorsqu'elles sont inondées au printemps. Les roselières, trop développées sont des zones d'accélération de l'atterrissement de l'étang (diminution de la productivité piscicole) ;
- les boisements marécageux (aulnes, saules) représentent un élément de l'écosystème, intéressant pour les hérons, les libellules ; ils marquent toutefois l'atterrissement et la fermeture du milieu, avec disparition de la plupart des espèces typiques des étangs.

## Régions d'étangs

### ⇒ Occupation du sol des environs

La périphérie de l'étang a une influence forte sur l'étang lui-même.

Les étangs forestiers ne possèdent généralement qu'un intérêt écologique modéré, en raison de la fermeture de la végétation, répulsive pour les oiseaux, et de l'apport excessif de matières organiques des feuilles,...

Les étangs entourés de prairies, marais, bocage, sont généralement les plus intéressants.

La proximité de zones d'agriculture intensive a des effets négatifs sur les étangs : apports de nutriments et de polluants par les eaux de ruissellement, faible intérêt pour la reproduction de certaines espèces aquatiques qui, comme les canards de surface, nidifient à l'écart du plan d'eau.

## 2.2 ■ Structure de la région d'étangs

On sait que plusieurs étangs en chaînes ou en plaques sont plus intéressants écologiquement que le même nombre d'étangs isolés les uns des autres. Différents facteurs déterminent la qualité de cet effet d'archipel :

- nombre d'étangs,
- surface totale des étangs,
- diversité des étangs,
- distance entre les étangs,
- occupation de l'espace entre les étangs.

Certains types de végétation favorisent les échanges biologiques entre étangs : prairies, marais, bocages. L'agriculture intensive ou l'urbanisation constituent, quant à elles, des entraves à cette connexion écologique.

## [ 3 ] Fonctionnement

### ⇒ Flux hydriques

#### À l'échelle de l'étang

Les flux ne sont pas très importants quantitativement ; le renouvellement de l'eau des étangs est généralement peu rapide.

Les **apports d'eau** proviennent de la pluie d'une part (ruissellement) et généralement d'un chenal d'alimentation. L'alimentation peut se faire éventuellement par des sources et des pompages en nappe.

Les sorties correspondent à l'évaporation et à l'écoulement à l'aval de l'étang. Dans ce domaine, il faut distinguer plusieurs fonctionnements :

- déversements seulement en cas de trop plein,
- vidange régulière ou non de l'étang (pêche, curage,...) et remise en eau immédiate (cas le plus fréquent),
- vidange de l'étang suivi d'une période de mise en assec (culture) destinée à assurer la minéralisation de la matière organique et limiter l'atterrissement (Dombes).

L'**assec** constitue l'un des facteurs clefs du fonctionnement des étangs. Presque tous les étangs sont asséchés régulièrement pour y réaliser une pêche, mais l'on parle d'assec lorsque l'étang n'est pas remis en eau durant plusieurs mois.

Trois questions peuvent se poser en matière d'assec :

Le système hydraulique est largement contrôlé par l'homme : chenal d'alimentation, gestion des niveaux d'eau, vidanges régulières.

- l'étang est-il géré par un assec régulier?
- quelle est la périodicité de l'assec?
- quelle est l'occupation du sol en période d'assec (friche en Brenne, mise en culture en Dombes)?

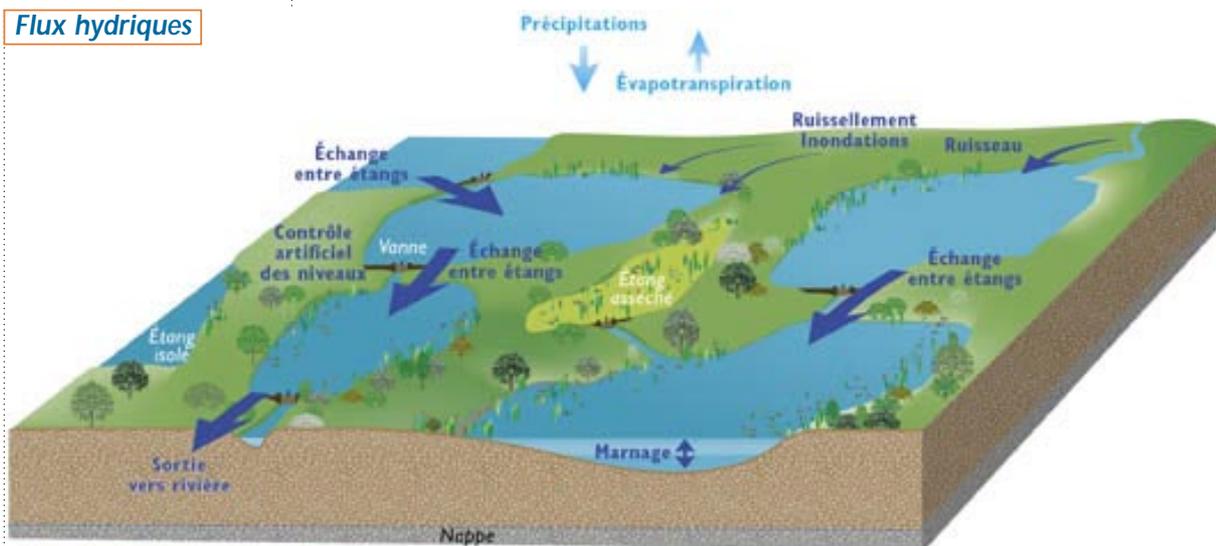
Par ailleurs, il faut noter l'importance des **fluctuations** de niveaux sur les communautés vivantes. Ces fluctuations sont variables en fonction du climat ; elles sont maximales dans les régions à faibles précipitations estivales. Cependant, la remontée des niveaux suite à un orage est une menace pour l'avifaune aquatique nicheuse.

### À l'échelle de la région d'étangs

Dans les régions d'étangs, les différents plans d'eau sont reliés les uns aux autres par des relations étroites et complexes. L'eau issue de la vidange d'un étang peut servir à remplir un autre plan d'eau situé à l'aval. En revanche, l'alimentation des étangs situés à l'amont de la chaîne d'étangs peut s'avérer délicate.

Les étangs d'une même région se partagent une même ressource en eau, c'est-à-dire la pluviométrie. En Dombes, où les étangs sont nombreux et le réseau hydrographique très limité, la multiplication actuelle des étangs pourrait avoir pour conséquence de rendre plus difficile le remplissage de certains d'entre eux.

### Flux hydriques



Les écosystèmes sont généralement très eutrophes, du fait d'importants apports de matières nutritives d'origine naturelle ou artificielle.

### ⇒ Flux minéraux

#### À l'échelle de l'étang

Les apports minéraux à l'étang proviennent de plusieurs sources :

- bief d'alimentation : source principale en général,
- ruissellement depuis les terrains environnants (agriculture),
- apports d'engrais ou de chaux par le gestionnaire de l'étang (pisciculture).

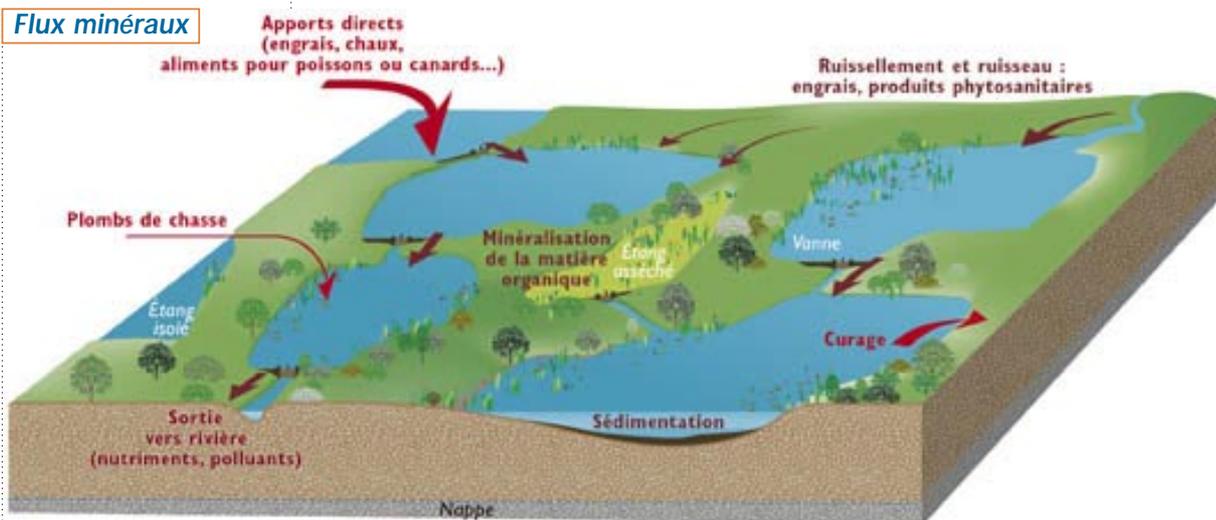
D'autres apports, apparemment anecdotiques, peuvent présenter des impacts réels : l'alimentation artificielle des poissons ou canards contribue à l'eutrophisation ; les plombs de chasse accumulés au fond des étangs sont à l'origine du saturnisme chez les canards qui les avalent.

#### À l'échelle de la région d'étangs

Les étangs dépendent largement des autres situés dans la même chaîne pour les transferts de sédiments, liés à ceux de l'eau.

Ce fonctionnement global et complexe reste mal connu.

### Flux minéraux



Des échanges biologiques intenses entre l'étang et sa périphérie.

### ⇒ Flux de matières organiques - Flux vivants

#### À l'échelle de l'étang

Les étangs sont généralement l'objet d'une forte production de matière organique (faible profondeur, apports minéraux importants, faible renouvellement des eaux,...). Cette matière organique tend à s'accumuler notamment dans la partie amont, jusqu'à son colmatage dont le stade ultime est le boisement. Une gestion est généralement pratiquée afin de maîtriser cette évolution.

De façon spontanée, les apports d'eau et de matières organiques associés au phénomène d'évaporation conduisent à l'accumulation de matières dans l'étang.

Les sorties minérales ou organiques résultent généralement d'une action humaine :

- capture des poissons,
- agriculture lors des périodes d'assec,
- faucardage ou curage pour l'entretien de l'étang.

Au niveau biologique, certains échanges s'opèrent à l'intérieur même de l'étang :

- déplacement vers l'eau libre des oiseaux et poissons qui se reproduisent dans la roselière.

D'autres déplacements relient l'étang à son environnement immédiat :

- nidification des canards dans les prairies bordant l'étang, puis élevage des jeunes sur l'étang,
- ponte dans l'étang des amphibiens vivant habituellement en forêt.

### A l'échelle de la région d'étangs

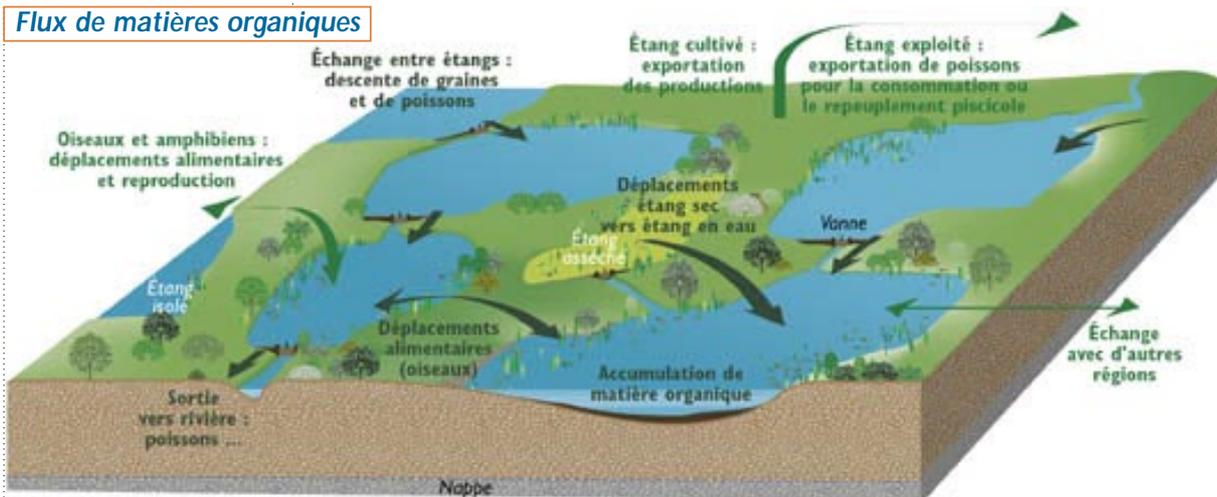
Les échanges entre étangs sont très importants sur un plan biologique. Chaque étang peut facilement être utilisé par des espèces provenant des étangs voisins.

Ces relations sont de différentes natures :

- les déplacements peuvent être quotidiens : les hérons nichant sur un étang vont s'alimenter sur d'autres étangs,
- les oiseaux nicheurs d'un étang peuvent, en cas d'assèchement de celui-ci, se reporter sur un étang voisin, par exemple en année d'assec (colonie de hérons pourprés),
- la vidange d'un étang entraîne la dérive de certains poissons vers les étangs de l'aval,
- les canards peuvent nicher sur un étang et élever leurs jeunes sur un autre,
- la flore dont la présence peut dépendre du cycle de l'étang (ancienneté du dernier assec) apparaît de façon éphémère sur un site, en disparaît, mais trouve ailleurs les conditions propices à son apparition (Dombes).

Ainsi, le nombre des étangs, leurs caractéristiques variables, permet à tout moment une complémentarité d'utilisation pour la faune et la flore, dans l'espace (berges nues pour les limicoles, roselières pour les fauvelles aquatiques,...) et dans le temps.

### Flux de matières organiques



## [ 4 ]

## Valeurs

## 4.1 ■ Fonctions / attributs

Des fonctions hydrauliques limitées, mais une très grande richesse écologique.

⇒ *Épuration des eaux*

Les étangs constituent des pièges à nutriments et sédiments, limitant leur apport à l'aval. Par contre, les étangs enrichis par déversements d'engrais provoquent lors de leur vidange l'eutrophisation des exutoires (relargage des sédiments accumulés au fond de l'étang).

⇒ *Prévention des inondations*

Les étangs jouent un rôle de stockage des eaux de pluie, probablement sensible dans certaines situations (orages). Les vidanges se produisent généralement en hiver ; elles participent sans doute marginalement aux hautes eaux des cours d'eau à cette époque.

À l'inverse, ce stockage entraîne une diminution des débits d'étiage des ruisseaux situés à l'aval.

⇒ *Habitats d'espèces sauvages*

Cette fonction est fondamentale, du fait de l'abondance, de la diversité des espèces présentes qui trouvent là des habitats spécifiques et peu répandus. Les étangs abritent un grand nombre d'espèces spécialisées, que l'on ne rencontre pas ou peu dans les autres zones humides (annexes fluviales, lacs, ...).

Quelques-unes de ces espèces plus ou moins inféodées aux étangs peuvent être citées :

**végétation flottante**

- guifette moustac, grèbe à cou noir
- plantes rares (marsilée)

**vasières**

- flore pionnière (pilulaire, damasonie, lindernie, ...)
- limicoles nicheurs (échasse blanche)

**roselières**

- oiseaux d'eau nicheurs (héron pourpré, butor, ...)

**jonchaie**

- mouette rieuse

**forêt humide**

- hérons arboricoles

⇒ *Originalité, patrimoine culturel*

Le paysage des régions d'étangs est très original ; il présente un intérêt culturel et historique. En Dombes, l'étang est le cœur d'une identité : pays des oiseaux, gastronomie spécifique, ...

## 4.2 ■ Produits / services

Les étangs constituent les zones humides les plus importantes économiquement, du fait des revenus de la chasse, de la pisciculture et de l'agriculture.

En Dombes, l'étang permet trois usages : chasse, pêche, agriculture. L'orientation privilégiée du gestionnaire vers l'une de ces activités entraîne des conséquences importantes pour tout l'étang.

### ⇒ Chasse

La chasse au gibier d'eau constitue souvent une forme de valorisation fondamentale des étangs (ressource financière principale en Dombes).

### ⇒ Pêche

La pêche de loisirs (pêche à la ligne) est pratiquée sur certains étangs (île Crémieu,...).

La pêche commerciale est très répandue ; elle porte sur des espèces comme la carpe, le brochet, la perche,...

La production d'écrevisses est expérimentée dans quelques étangs.

### ⇒ Autres activités récréatives

Certains étangs sont intégrés dans des golfs ou autres zones de loisirs ; ils perdent généralement tout intérêt écologique (destruction de la végétation riveraine).

### ⇒ Ressources agricoles

Dans le bassin RMC, les étangs ne jouent plus guère de rôle agricole direct (production de litière, osiers,...). Par contre, les étangs de Dombes, après mise en assec, constituent des terres céréalières productives.

## [ 5 ] Menaces et enjeux de conservation

Une bonne situation quantitative, mais une dégradation qualitative, à cause de l'intensification de la mise en valeur des étangs et de leurs abords.

### ⇒ Atterrissement

De façon spontanée, tout étang tend à se combler par dépôt de matières minérales et organiques. En quelques décennies, un plan d'eau peut ainsi devenir un boisement. Il en résulte une transformation de l'écosystème avec disparition des espèces liées à l'eau.

En fait, cette évolution est très largement corrigée par des actions de gestion des propriétaires : curage, mise en culture, faucardage,... ; les étangs abandonnés sont rares.

### ⇒ Intensification

De façon beaucoup plus générale, on assiste à une intensification de la gestion des étangs. Les étangs de pêche voient leurs berges recalibrées (pentes fortes, absence de ceintures de végétation).

Une pratique trop intensive de la chasse peut également conduire à certains problèmes : entretien inadapté de la végétation, prélèvement excessif de gibier, accumulation de plomb au fond des étangs, lâchers d'oiseaux d'élevage,...

### ⇒ Modification de l'occupation du sol

La périphérie des étangs subit souvent une pression croissante : passage de la prairie au labour, urbanisation, aménagement de zones de loisirs,...

### ⇒ Degré de la qualité de l'eau

Le ruissellement de produits agricoles (pesticides, engrais,...) depuis les cultures vers l'étang a certainement des répercussions écologiques fortes, mais les données manquent dans ce domaine.

Le botulisme est une maladie présente localement en Dombes ; elle est responsable de mortalités massives d'oiseaux d'eau ; elle semble liée pour partie à l'eutrophisation excessive des plans d'eau.

L'accumulation de plombs de chasse peut entraîner l'apparition du saturnisme, en particulier chez les canards. En Dombes, ce problème semble limité par la pratique des labours en période d'assec.

### ⇒ Espèces invasives

Certaines plantes exotiques (jussie,...) peuvent envahir les berges de certains étangs en remplaçant les communautés autochtones. Ce problème très grave dans le sud-ouest de la France, semble encore limité sur les étangs de RMC (sud du bassin, certains étangs de Dombes,...).

Certains vertébrés (tortue de Floride, ragondin, cormoran,...) posent également problème.

## [ 6 ] Actions de restauration et de gestion

L'objectif principal de la gestion de la plupart des régions d'étangs est de maintenir un équilibre entre fonctions et activités : pêche, chasse, patrimoine naturel.

### ⇒ Garantir l'intégrité des milieux

Les étangs sont moins menacés de disparition que d'autres zones humides, parce qu'ils possèdent généralement une forte valeur économique. Propriétés privées, outils de production, la conservation de l'intérêt écologique des étangs doit passer généralement par la recherche d'un consensus avec les détenteurs des droits d'usages.

### ⇒ Éviter l'atterrissement

Une gestion est généralement nécessaire pour éviter un atterrissement à terme : curage, reprofilage des berges, faucardage,... Les modalités de ces opérations peuvent résulter d'un compromis entre les différentes fonctions de l'étang.

### ⇒ Mener une gestion équilibrée

Il est souhaitable et possible de rechercher le dénominateur commun entre pêche et chasse tout en respectant les besoins de la faune et de la flore.

Cette vision équilibrée s'applique aussi aux espaces environnant les étangs, où il convient de conserver des milieux naturels complémentaires, et de veiller à la qualité des eaux qui parviennent à l'étang.

### ⇒ Améliorer la structure de l'étang

Des opérations de génie écologique peuvent être menées pour accroître l'intérêt écologique des étangs : creusement de chenaux dans les roselières, création d'îlots, aménagements de berges en pente douce,...

## [ 7 ] Tableau de synthèse

Le tableau ci-après présente une synthèse des différents éléments de fonctionnement, de valeurs, d'atteintes et d'actions, utiles pour l'étude complète d'un écosystème lagunaire et marais.

En face de chacun des éléments cités, se trouvent un ou plusieurs indicateurs ou famille d'indicateurs :

- ceux qui doivent être connus en priorité sont mentionnés par : ⇒
- certains indicateurs font l'objet d'une fiche technique présentée dans la partie 2 du guide (page 91).

# Tableau indicateurs

## Régions d'étangs

	■ Indicateurs ou familles d'indicateurs	■ Nature ou type d'investigation (mode de représentation)	■ Phénomènes révélés par l'indicateur
<b>S T R U C T U R E D ' U N É T A N G</b>			
<b>localisation</b>	longitude-latitude	localisation sur carte IGN 1/25 000 (carte de localisation)	contexte biogéographique
<b>étendue</b>	superficie des milieux humides (eau libre, végétation liée à l'eau) identification de l'espace périphérique de l'étang (200 m par exemple)	mesures sur le terrain, sur photographie aérienne ou image satellitaire (tableaux de chiffres)	importance spatiale de la ZH connaissance des milieux complémentaires à l'étang
➔ <b>topographie</b>	profondeur moyenne ☒ pente moyenne des berges indice de sinuosité des berges altitude moyenne	fiche topographie (carte des profondeurs) calcul d'une pente moyenne, à partir de transect topographiques (carte des pentes des berges, comparaison de cet indice entre différents étangs) indice de sinuosité : rapport entre la longueur développée et la longueur schématique des berges (comparaison de cet indice entre différents étangs) altitude calculée d'après la carte IGN	donnée de base importante pour toute l'écologie important pour comprendre l'implantation de la végétation capacité d'accueil pour l'avifaune, importance de l'interface terre-eau contexte climatique
<b>géologie</b>	nature géologique des sols	analyse de la carte géologique	acidité de l'eau
➔ <b>occupation de l'espace</b>	liste des différents groupements végétaux indicateurs d'occupation des sols : % du site occupé par différents groupements végétaux ou activités humaines, description des usages au niveau de l'environnement terrestre de l'étang	après cartographie de la végétation, liste des groupements (carte de la végétation, comparaison entre étangs) d'après la photographie aérienne, calcul de la proportion occupée par labours, prairies, bois... (carte d'occupation du sol)	donnée de base pour le diagnostic ou la gestion
<b>S T R U C T U R E D ' U N E R É G I O N D ' É T A N G S</b>			
➔ <b>importance du réseau d'étangs</b>	nombre d'étangs surface en eau	comptage des étangs d'après photographie aérienne et carte (carte des étangs) mesure de la superficie des étangs d'après photographie aérienne et carte rapport entre surface des étangs en eau/surface totale de la région	évaluation de l'importance de la région grevelés superficie en eau de la région
<b>densité et organisation du réseau d'étangs</b>	distance moyenne entre étangs ☒ % de la surface de la région occupée par différents types d'espaces	moyenne de la distance minimale entre étangs, mesurée sur carte et photos aériennes. comparaison avec d'autres régions. analyse statistique (écart type,...) exploitation des photographies aériennes (comparaison avec d'autres régions. analyse statistique (écart type,...))	importance des échanges entre étangs
Pour les autres paramètres, la caractérisation d'une région d'étangs est réalisée à partir de la caractérisation d'un certain nombre d'étangs représentatifs			
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D U F O N C T I O N N E M E N T</b>			
<b>FLUX HYDRIQUE</b>			
➔ <b>rythme de mise en eau</b>	fréquence et durée moyenne des assecs (Dombes) occupation du sol pendant les assecs	enquête locale, suivi des photographies aériennes (longueur moyenne de l'assec et de la mise en eau) enquête locale, suivi des photographies aériennes (% du sol occupés par friches, marais, labours,...)	donnée de base : stabilité ou atterrissement du milieu dynamique de la végétation
<b>fluctuation des niveaux d'eau</b>	niveau d'eau de surface	cf. fiche technique niveaux d'eau	
<b>alimentation en eau</b>	pluviométrie débits des tributaires	suivi pluviométrique (chiffres mensuels ou annuels) débits moyens, mesurés d'après relevés sur station de jaugeage (débits moyens annuels ou mensuels)	identification d'un déficit en eau

☒ A connaître en priorité

# Tableau indicateurs

## Régions d'étangs

	■ Indicateurs ou familles d'indicateurs	■ Nature ou type d'investigation (mode de représentation)	■ Phénomènes révélés par l'indicateur
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D U F O N C T I O N N E M E N T ( S U I T E )</b>			
<b>FLUX HYDRIQUE (SUITE)</b>			
<b>entrée de nutriments</b>	bilan en éléments nutritifs occupation du sol dans le bassin versant	cf. fiche technique bilan trophique cf. fiche technique hydrologie	
<b>temps de renouvellement des eaux</b>	bilan hydrologique	cf. fiche technique hydrologie	
<b>nappe : niveaux et échanges</b>	bilan piézométrique	cf. fiche technique hydrogéologie	
<b>FLUX DE MATIÈRES MINÉRALES</b>			
⇒ <b>état d'eutrophisation</b>	état trophique de l'eau : azote, phosphore, oxygène, chlorophylle apports des tributaires (mêmes indicateurs) occupation du sol dans le bassin versant : évaluation des apports diffus bilan en éléments nutritifs dans sédiments	cf. fiche technique bilan trophique cf. fiche technique bilan trophique cf. fiche technique bilan trophique cf. fiche technique bilan trophique	conditions propices à la pisciculture
<b>apports polluants</b>	bilan des intrants toxiques, stockage dans les sédiments ou les organismes vivants Bilan quantitatif et qualitatif des rejets directs dans l'étang	analyse des sédiments, végétaux, poissons (taux de polluants) identification des rejets sur le terrain, suivi : voir fiche technique bilan trophique	conditions de vie de la faune et de la flore
<b>recyclage minéralisation de la MO</b>	taux de sédimentation, analyse des sédiments	cf. fiches techniques topographie, bilan trophique	
<b>FLUX DE MATIÈRES ORGANIQUES</b>			
<b>accumulation de MO</b>	topographie : comparaison de profils en travers	cf. fiche technique topographie	
<b>déplacements de poissons</b>	inventaire et évaluation quantitative des populations de poissons	pêches scientifiques régulières. la présence d'une espèce nouvelle est l'indicateur d'un échange. lors des vidanges, il est aussi possible d'estimer l'importance de la dérive vers l'aval. (carte des circulations de poissons)	estimation de l'isolement de l'étang
<b>lâchers de poissons</b>	volume et nature des poissons lâchés	enquête auprès des gestionnaires de la pêche (liste d'espèces, quantités)	estimation du caractère naturel des peuplements, pression sur la végétation
<b>migration d'amphibiens</b>	dénombrement d'amphibiens	comptages lors de nuits humides de printemps : estimation des populations, détermination des axes de migration (carte des axes de migration)	identification des milieux complémentaires de l'étang
<b>déplacements d'oiseaux</b>	dénombrement d'oiseaux	comptages d'oiseaux selon un protocole standardisés, localisation des zones de reproduction, comptages des migrateurs (cartes des axes de déplacements des oiseaux (en particulier échanges reproduction / alimentation)	identification des milieux complémentaires de l'étang
<b>lâchers de gibier</b>	nombre d'animaux lâchés	enquête auprès des chasseurs (liste d'espèces, quantités)	estimation du caractère naturel des peuplements, pression sur le milieu
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D E L A V A L E U R</b>			
<b>FONCTIONS / ATTRIBUTS (VALEUR INTRINSÈQUE)</b>			
<b>épuration des eaux</b>	bilan en éléments nutritifs amont/aval	cf. fiche technique bilan trophique	
<b>écrêtement des crues</b>	taux d'écêtement, débits, lignes d'eau	cf. fiche technique crues	
⇒ <b>diversité biologique</b>	nombre de groupements, nombre d'espèces, espèces rares	cf. fiche technique patrimoine biologique	évolution des capacités d'accueil
<b>originalité, patrimoine culturel</b>	indicateurs à mettre en place en fonction du contexte local		
<b>PRODUITS / SERVICES NATURELS (RESSOURCE)</b>			
<b>activités récréatives</b>	nombre de visiteurs par an caractéristiques de la fréquentation : origine géographique, activités pratiquées, satisfaction...	comptage des visiteurs (visuels ou automatiques) (évolution de la fréquentation, carte de la fréquentation) enquête auprès des visiteurs (tableaux de chiffres)	importance de la ZH pour cette fonction

⇒ A connaître en priorité

# Tableau indicateurs

## Régions d'étangs

	<b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	<b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	<b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D E L A V A L E U R ( S U I T E )</b>			
→	<b>ressources halieutiques, aquacoles</b>	étangs piscicoles : quantité de poisson mise sur le marché	enquête auprès des pêcheurs professionnels (évolution de la pratique de la pêche, productivité piscicole (kg/ha/an))
		étangs de pêche de loisirs : nombre de journées-pêcheurs par an	enquête auprès du propriétaire (chiffres sur la pression de pêche)
→	<b>ressources cynégétiques</b>	nombre de chasseurs, tableaux de chasse	enquête auprès des chasseurs (évolution du nombre de chasseurs ou des tableaux de chasse)
<b>M E N A C E S E T E N J E U X D E C O N S E R V A T I O N</b>			
<b>PHÉNOMÈNES, USAGES</b>			
→	<b>successions végétales</b>	composition et structure de la végétation	carte de la végétation (terrain, photos aériennes) et relevés phytosociologiques représentatifs (graphique d'évolution des relevés, cartes de végétation)
→	<b>chasse</b>	pression cynégétique	enquête auprès des chasseurs : tableau de chasse : nombre d'animaux tués / an sur l'étang ; pression : nombre de journées-chasseurs /an, présence d'espèces sensibles au dérangement (graphique d'évolution de ces indices)
→	<b>pêche</b>	pression halieutique	enquête auprès des pêcheurs : nombre de journées-pêcheurs /an, quantités de poissons pêchés, présence d'espèces sensibles au dérangement (graphique d'évolution de ces indices)
	<b>prolifération d'espèces exotiques</b>	recouvrement des espèces exotiques	relevés phytosociologiques : indices d'abondance des espèces exotiques (graphique d'évolution de ces indices, cartes de présence de ces espèces)
	<b>urbanisation, industrie</b>	occupation du sol	photo aérienne : % du sol des environs occupé par urbanisation, routes,... (cartes et graphiques d'évolution)
		nombre d'habitants	recensement de la population : nombre d'habitants des communes riveraines, densité de population cartes et graphiques d'évolution
	<b>rejets</b>	importance des rejets	rejets : nature, volumes,...
→	<b>activités agricoles</b>	caractérisation générale de l'agriculture	approche communale : recensement général de l'agriculture (cartes et graphiques d'évolution)
		caractérisation locale de l'agriculture	approche locale : enquête (nombre d'agriculteurs, âges, surfaces, production) (cartes et graphiques d'évolution)
	<b>tourisme, surfréquentation</b>	fréquentation (quantité, évolution)	comptage des visiteurs évolution de la fréquentation, carte de la fréquentation
		espèces animales sensibles	dénombrements d'oiseaux sensibles évolution des peuplements
		groupements végétaux sensibles au piétinement	cartographie de la végétation, relevés phytosociologiques (étendue, composition et qualité des groupements végétaux sensibles)
	<b>infrastructures routières</b>	densité du réseau routier et des chemins	mesure sur carte ou photos aériennes : km de routes / km <sup>2</sup> de terrain (carte des routes, évolution de la densité)
	<b>extractions</b>	volumes extraits, autorisations délivrées	enquête auprès de la DRIRE : autorisations délivrées ; enquête auprès des propriétaires : volumes,... (carte des sites d'extraction)
	<b>pompages (nappe phréatique)</b>	nombre de points de pompage	observation de terrain, enquête auprès des exploitants et/ou gestionnaires, enquête auprès des organismes d'État (DDAF,...) Agence de l'Eau (cartographie des prélèvements)

→ A connaître en priorité

# Tableau indicateurs

## Régions d'étangs

	■ Indicateurs ou familles d'indicateurs	■ Nature ou type d'investigation (mode de représentation)	■ Phénomènes révélés par l'indicateur
<b>P H É N O M È N E S I N D U I T S</b>			
<b>MODIFICATIONS HYDRAULIQUES</b>			
⇒ modifications des arrivées d'eau	bilan hydrologique	fiche hydrologie de surface	
<b>MODIFICATIONS PHYSIQUES</b>			
atterrissement	profondeur de l'étang	comparaison des profondeurs d'eau (voir fiche technique topographie) <i>(graphiques d'évolution des profondeurs, évolution du % des surfaces de groupements terrestres par rapport aux groupements aquatiques)</i>	équilibre de l'étang
	occupation de l'espace par la végétation	suivi sur le terrain ou photos aériennes de la végétation (surfaces des groupements terrestres/ groupements aquatiques) <i>(carte de la végétation, graphiques d'évolution)</i>	
⇒ recalibrage	Pente moyenne des berges	calcul de la pente moyenne d'après transects représentatifs <i>(évolution des pentes avant/après recalibrage)</i>	
	importance de la végétation riveraine	% des berges occupées par des communautés des vasières <i>(graphique d'évolution de ce %)</i>	conditions de développement de la végétation riveraine
<b>POLLUTION</b>			
pollution des eaux et des sédiments (eutrophisation)	qualité de l'eau : indicateurs d'eutrophisation	teneurs en azote, phosphore, oxygène <i>(graphiques d'évolution)</i>	évaluation de l'eutrophisation : risque pour le milieu
	transparence de l'eau	mesures au disque de Secchi <i>(graphiques d'évolution)</i>	conditions de vie pour les plantes aquatiques
	phytoplancton	analyse de chlorophylle <i>(graphiques d'évolution)</i>	
pollution des eaux et des sédiments (substances toxiques)	qualité de l'eau : polluants	analyses de l'eau, des sédiments ou des poissons <i>(graphiques d'évolution)</i>	conditions de vie pour la faune et la flore (étude complexe du fait du grand nombre de molécules possibles)
<b>MODIFICATIONS BIOCÉNOTIQUES</b>			
surpiétinement	état des groupements végétaux sensibles au piétinement	analyse des berges : % de sol piétiné, % de communautés état du piétinement sensibles, relevés phytosociologiques <i>(graphique d'évolution des taux, cartes)</i>	
artificialisation de la végétation entre étangs	occupation des sols	d'après photo aérienne, calcul des % de prairies, labours, forêt, ... <i>(graphique d'évolution de ce %, cartes d'occupation des sols)</i>	artificialisation des espaces entre étangs
déséquilibre cynégétique	pression de chasse lâchers d'animaux d'élevage	enquête auprès des chasseurs : tableau de chasse (nombre d'animaux tués / an sur l'étang) ; pression (nombre de journées-chasseurs / an) <i>(graphique d'évolution de ces indices)</i>	évaluation de la pression sur le milieu artificialisation des populations animales
⇒ densité de canards nicheurs dans les étangs		présence d'espèces sensibles au dérangement ; comptages standardisés de canards nicheurs <i>(graphique d'évolution de ces indices)</i>	
espèces exotiques	abondance des espèces exotiques	relevés phytosociologiques : indices d'abondance des espèces exotiques <i>(graphique d'évolution de ces indices, cartes de présence de ces espèces)</i>	
oiseaux piscivores (perturbation de l'équilibre économique de la région)	nombre d'oiseaux piscivores, impact sur les populations de poissons	comptages standardisés (au dortoir,...), enquête auprès des pisciculteurs <i>(graphiques d'évolution)</i>	évaluation du déséquilibre socio-économique

# Tableau indicateurs

## Régions d'étangs

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>	
<b>A C T I O N S D E R E S T A U R A T I O N E T D E G E S T I O N</b>				
	<b>protection réglementaire</b>	état des protections réglementaires	enquête auprès de la DIREN : surfaces protégées (évolution des surfaces protégées)	état des protections
	<b>contrôle du foncier (acquisition, convention)</b>	état des surfaces contrôlées en vue de protection	enquête auprès des opérateurs fonciers (fondations, conservatoires,...) (évolution des surfaces contrôlées)	
⇒	<b>mesures conventionnelles de gestion intégrée des étangs</b>	nombre et surface des étangs faisant l'objet de conventions de gestion	enquête auprès des services chargés des conventions (évolution des surfaces concernées)	état de la gestion conventionnelle-adaptation des pratiques
	<b>contrôle de l'urbanisation</b>	zonage du POS	analyse des POS : % des sols en ND, Espace classé boisé (ECB) (évolution des %)	état des protections
	<b>suppression de rejets polluants</b>	rejets : nombre, volumes, composition	cartographie des rejets	évaluation des efforts d'épuration
	<b>restauration des connexions biologiques</b>	occupation du sol	cartographie des obstacles, % des sols permettant des échanges (évolution de ces indices, cartographie)	état des connexions entre milieux
⇒		dénombrements (poissons, amphibiens)	comptages normalisés (évolution de ces indices, cartographie)	
	<b>contrôle des successions végétales</b>	composition de la végétation	suivi phytosociologique avec comparaison entre zones gérées et zones témoins (comparaison des données dans le temps et dans l'espace)	évaluation des résultats
	<b>lutte contre les espèces exotiques</b>	abondance des espèces exotiques	relevés phytosociologiques : indices d'abondance des espèces exotiques (graphique d'évolution de ces indices, cartes de présence de ces espèces)	
	<b>contrôle de la fréquentation</b>	nombre de visiteurs	comptage et cartographie des visiteurs (graphique d'évolution de ces indices, cartes)	
		peuplements sensibles au dérangement	comptages d'oiseaux sensibles, relevés phytosociologiques (graphique d'évolution de ces indices, cartes)	
	<b>adaptation de la pression de chasse à la ressource</b>	tableau de chasse	enquête auprès des chasseurs (graphiques d'évolution)	
	<b>contrôle de la pression de pêche de loisirs</b>	nombre de pêcheurs (indices d'abondance, journées-pêcheurs)	comptages absolus ou relatifs des pêcheurs, cartographie graphique d'évolution de ces indices, cartes	
	<b>génie écologique</b>	suivi d'indicateurs faunistiques ou floristiques	pour chaque site traité : suivi phytosociologique ou suivi d'espèces indicatrices ou remarquables, comparaison avec des parcelles témoins (tableau de comparaison avant-après, graphique d'évolution des espèces suivies)	



## Bordures de plans d'eau

### [ 1 ]

#### Définition

Le bassin RMC est de loin le plus riche en lacs naturels de toute la France.

Les lacs sont des milieux stagnants naturels profonds (plus de 6 mètres) ; seules les marges peu profondes sont des zones humides au sens strict.

Des zones humides se développent le long des berges des lacs, formant des ceintures de végétation depuis la zone en eau : la zone à hydrophytes, la roselière, puis la cariçaie. Il existe parfois, en retrait, des zones humides moins directement liées au lac (sud des lacs du Bourget ou d'Annecy).

Ce type de zones humides est souvent en contact avec des tourbières (lacs du Jura), parfois avec des plaines alluviales (lac du Bourget par exemple).

Les zones humides riveraines des retenues de barrages constituent des zones humides artificielles.

Ce type de zone humide, peu répandu en France, est assez bien représenté dans le bassin RMC. Il correspond aux berges des lacs naturels des plaines et plateaux : lacs du Bourget, d'Annecy, Léman, Paladru, Aiguebelette, lacs du Jura, lacs alpins,...

### [ 2 ]

#### Structure

Des zones humides plus ou moins étendues en fonction de la pente des berges du lac.

##### ⇒ Altitude / température

Ce paramètre est très important, puisque la température de l'eau et la fréquence du gel conditionnent le développement de la végétation riveraine, absente des "lacs polaires" de la haute montagne.

##### ⇒ Pente des berges

La pente des berges est sans doute l'élément de structure le plus important en matière d'écologie. Elle détermine en effet le développement et la nature des ceintures de végétation. Sur le lac du Bourget, on peut par exemple différencier très fortement la rive ouest, où la pente très forte provoque un contact direct entre boisements collinéens et eau, et la rive sud où les pentes faibles permettent la présence de roselières.

##### ⇒ Profondeur

La profondeur est l'un des caractères fondamentaux de l'écologie des lacs (stratification thermique des lacs profonds), ayant des conséquences sur les zones humides périphériques.

##### ⇒ Contour du lac

La sinuosité des berges est un paramètre important à connaître car il participe également à la création d'habitats favorables à la faune et à la flore.

## [ 3 ] Fonctionnement

Un fonctionnement profondément lié à celui du lac : alimentation en eau et en matières nutritives...

### ⇒ Fonctionnement hydrique

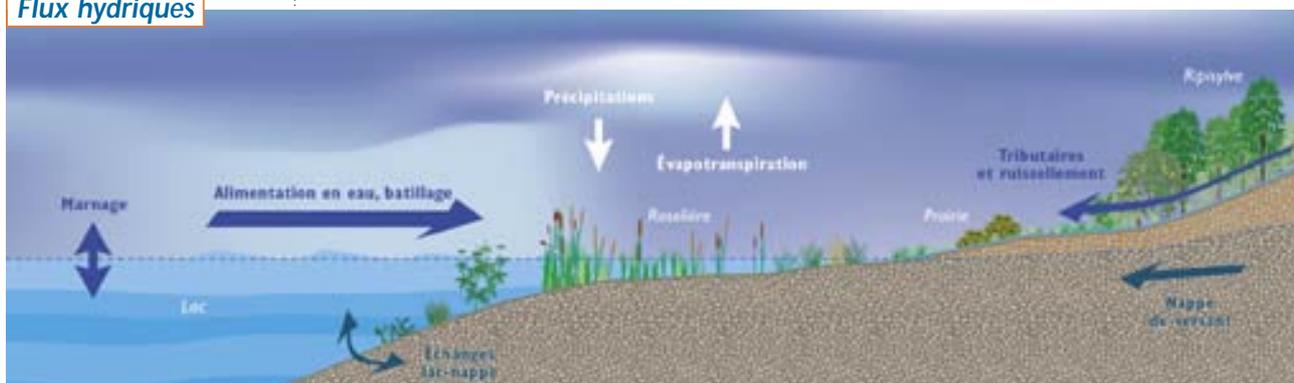
L'alimentation en eau de ces zones humides provient avant tout du lac lui-même, mais aussi du bassin versant : résurgences de la nappe, cours d'eau...

Les **fluctuations** des niveaux d'eau dans la zone humide correspondent largement à celles du lac. Ces battements sont en grande partie d'origine anthropique, car il existe des ouvrages de régulation à l'aval de la plupart des lacs. Les lacs de milieu karstique peuvent également être soumis à des fluctuations naturelles de niveau (exemple du lac de Sylans dans l'Ain).

Les **vagues** peuvent jouer un rôle très important sur le développement des roselières.

Le fonctionnement de l'ensemble de la masse d'eau des lacs constitue un élément fondamental de leur écologie : stratification thermique, cycles de retournement de la masse d'eau (remontées d'eau du fond),... Ces phénomènes ont fait l'objet d'une abondante bibliographie ; en revanche leurs conséquences sur les zones humides riveraines ne semblent pas très bien connues.

#### Flux hydriques



### ⇒ Flux minéraux

Les apports de nutriments proviennent principalement du lac et du bassin versant.

Les lacs sont généralement beaucoup moins eutrophes que les étangs, du fait du caractère limité des apports et du volume d'eau considérable. Toutefois, les rejets des agglomérations riveraines peuvent profondément transformer le système trophique du lac.

#### Flux minéraux

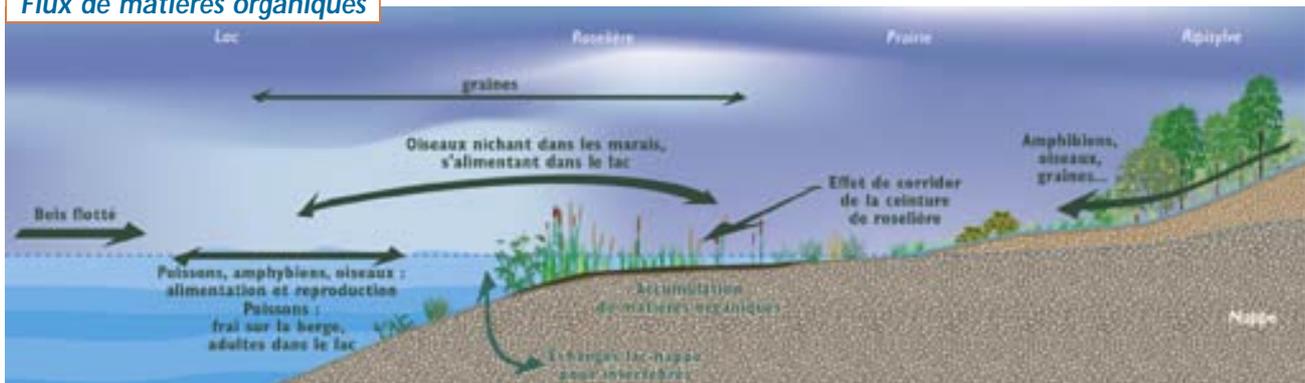


### ⇒ Flux de matières organiques

Un flux non négligeable est constitué par les bois morts apportés par les tributaires et déposés par les vagues sur les berges du lac. Les bords du lac peuvent connaître une accumulation de matière organique (radeaux tourbeux) permettant, dans certains cas, l'installation de roselières. Il existe une continuité entre le lac et sa bande littorale : frai des poissons du lac dans les herbiers, alimentation des oiseaux des berges dans le lac,...

Les échanges avec le bassin versant peuvent être importants pour certaines espèces (amphibiens,...).

#### Flux de matières organiques



## [ 4 ] Valeurs

### 4.1 ■ Fonctions / attributs

Les zones humides littorales représentent une partie importante de la richesse écologique ou paysagère du lac.

#### ⇒ Épuration des eaux, régulation des inondations

Les zones naturelles littorales n'occupent qu'une très faible proportion de l'espace lacustre (souvent de l'ordre de 10 % de la surface). Dans ces conditions, leur rôle en matière de piégeage des nutriments et de rétention des crues est faible par rapport à celui joué par le plan d'eau lui-même.

Le rôle des lacs dans la régulation des débits est d'ailleurs très largement artificiel, du fait de la présence de vannes aux exutoires (Bourget, Léman,...).

#### ⇒ Habitats d'espèces sauvages

L'importance des zones humides littorales détermine pour une bonne part l'intérêt écologique d'un lac. Le lac lui-même, profond et dépourvu de végétation aquatique, est occupé par des communautés vivantes originales car spécialisées, mais peu diversifiées et peu productives. Les berges, par leur diversité et leur productivité, sont complémentaires de la zone profonde.

#### ⇒ Originalité, patrimoine culturel

Les roselières participent pour une bonne part à la beauté des paysages lacustres.

### 4.2 ■ Produits / services

#### ⇒ Pêche

Les zones humides littorales abritent une bonne part des frayères du lac ; elles jouent donc un rôle important pour la pêche commerciale ou de loisirs.

### ⇒ *Autres activités récréatives*

Les loisirs sont plus liés au lac lui-même (plages, pleine eau) qu'aux zones humides littorales. Ces dernières offrent toutefois un cadre attrayant à des activités comme la voile ou le canotage. Ces activités peuvent être à l'origine d'une dégradation du patrimoine biologique (dérangement, destruction de la végétation,...).

## [ 5 ] Menaces et enjeux de conservation

Des zones humides peu étendues et souvent menacées par les activités humaines.

### ⇒ *Urbanisation*

Les bords des lacs constituent des espaces de forte pression foncière ; les zones humides y sont menacées de disparition par l'urbanisation, la construction de routes, de zones de loisirs, de ports de plaisance,...

Cette menace, importante dans le passé, s'est sans doute atténuée aujourd'hui grâce aux mesures de protection mises en œuvre.

### ⇒ *Pollution, eutrophisation*

Les rejets ponctuels (domestiques et industriels) et diffus (agricoles) ont dégradé la qualité des eaux des lacs et de leurs communautés vivantes. Les flux de pollution sont plus ou moins pénalisant en fonction des points de rejets (secteur amont en aval du lac).

Cet impact a été diminué dans certains cas par la mise en place de collecteurs de ceinture ou de transfert vers un autre bassin versant (pour le lac du Bourget, vers le Rhône). Ce type d'opération n'a pas toujours été mis en œuvre en raison de son coût élevé.

### ⇒ *Disparition des roselières*

Les roselières tendent à disparaître, pour plusieurs raisons : pénétration des bateaux, effets des vagues (naturelles ou liées aux bateaux), gestion défavorable (stabilisation) des niveaux d'eau, qualité nutritionnelle des substrats (sédiments),...

### ⇒ *Prélèvements en eau*

Les lacs de petite taille peuvent souffrir de prélèvements excessifs pour des usages agricoles ou industriels. L'usage des canons à neige entraîne également l'abaissement du niveau de certains lacs de montagne. Ces prélèvements peuvent entraîner des marnages incompatibles avec la préservation des zones de frayères par exemple.

### ⇒ *Agriculture, sylviculture*

Certaines pratiques agricoles actuelles ou passées peuvent présenter des impacts négatifs sur les zones humides : augmentation des prélèvements entraînant un marnage du plan d'eau, altération de la qualité des eaux par ruissellement des produits agricoles (pesticides,...) depuis les cultures vers le plan d'eau. Ces pratiques peuvent avoir également une incidence sur les milieux périphériques au plan d'eau : création de drains dans le marais, transformation de prairies en labours, plantation de prairies en peupliers, etc.

### ⇒ *Successions végétales*

Avec l'abandon des pratiques agricoles (traditionnelles), certaines prairies humides ou marais voient leur biodiversité diminuer par boisement spontané (Lac d'Aiguebelette).

Les espèces végétales invasives peuvent poser problème, telle la verge d'or au bout du lac d'Annecy, la jussie,...

[ 6 ]

Des actions fortes et multiples doivent être entreprises pour sauver ces écosystèmes fragiles.

## Actions

Les zones humides riveraines des plans d'eau représentent de faibles surfaces, qui participent largement à la valeur des lacs tout entier. La préservation de ces espaces apparaît donc très importante.

### ⇒ Protection réglementaire ou foncière

Les zones humides les plus intéressantes sont aujourd'hui protégées par des mesures réglementaires ou foncières : réserve naturelle du bout du lac d'Annecy, terrains du conservatoire des espaces naturels de Savoie du lac du Bourget, ... Dans certains cas, il s'agit de limiter ou maîtriser certains usages incompatibles avec la conservation des milieux (circulation de bateaux, ...).

### ⇒ Amélioration de la qualité de l'eau

Des mesures de collecte des rejets dans les lacs ont été mises en œuvre ; certains tributaires sont toujours responsables d'une pollution, ainsi que les déversoirs d'orage lorsque le réseau de collecte est unitaire.

### ⇒ Protection des roselières et herbiers

Dans certains lacs, les roselières peuvent être protégées par des rideaux de pieux ou d'enrochement qui empêchent l'intrusion des bateaux ou des bois flottants. Des fascines peuvent limiter l'effet des vagues sur la rive.

### ⇒ Gestion concertée des niveaux

Des négociations se déroulent à propos des niveaux du lac du Bourget, afin de parvenir à un règlement favorable à tous les usages du lac. Les environnementalistes demandent en particulier à ce que soient partiellement restaurées les fluctuations naturelles du lac, fortement diminuées artificiellement.

### ⇒ Contrôle des successions végétales

Dans certains sites, des actions de gestion peuvent être conduites de façon à limiter le boisement des marais (broyage ou pâturage).

### ⇒ Génie écologique

Certaines actions sont en cours ou prévues sur le lac du Bourget : création d'étang, d'îlots, de frayères, ouverture de chenaux dans les roselières sèches, ...

La végétalisation des berges est également en cours sur plusieurs sites.

[ 7 ]

## Tableau de synthèse

Le tableau ci-après présente une synthèse des différents éléments de fonctionnement, de valeurs, d'atteintes et d'actions, utiles pour l'étude complète d'un écosystème lagunaire et marais.

En face de chacun des éléments cités, se trouvent un ou plusieurs indicateurs ou famille d'indicateurs :

- ceux qui doivent être connus en priorité sont mentionnés par : ⇒
- certains indicateurs font l'objet d'une fiche technique présentée dans la partie 2 du guide (page 91).

# Tableau indicateurs

## Bordures de plans d'eau

	■ Indicateurs ou familles d'indicateurs	■ Nature ou type d'investigation (mode de représentation)	■ Phénomènes révélés par l'indicateur
<b>S T R U C T U R E</b>			
localisation	longitude-latitude	localisation sur carte IGN 1/25 000 (carte de localisation)	contexte biogéographique
étendue	superficie de l'eau libre, des groupements végétaux liés à l'eau	mesures sur le terrain ou sur photographie aérienne (chiffres)	étendue des milieux humides
altitude	altitude moyenne	altitude calculée d'après la carte IGN (chiffres)	contexte climatique
topographie	profondeur du plan d'eau et de la zone humide	voir fiche bathymétrie (carte des profondeurs)	condition de développement de la végétation
	☒ pente moyenne des berges	calcul d'une pente moyenne, à partir de transects topographiques (comparaison de cet indice entre différents plans d'eau)	condition de développement de la végétation
	indice de sinuosité des berges	indice de sinuosité : rapport entre la longueur développée et la longueur schématisée des berges (comparaison de cet indice entre différents tronçons de berge)	capacité d'accueil pour la faune et la flore
géologie, géomorphologie	nature géologique des sols	analyse de la carte géologique	compréhension du contexte écologique (acidité,...)
☞ occupation du sol	liste et recouvrement des différents groupements végétaux	photos aériennes, terrain : liste des groupements, cartographie de la végétation, planimétrie (carte de végétation, tableaux)	donnée de base : caractérisation du milieu naturel
	% de l'espace occupé par les différentes formes d'utilisation des sols	d'après la photographie aérienne, calcul de la proportion occupée par labours, prairies, bois (carte d'occupation du sol, tableau)	donnée de base : pression humaine
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D U F O N C T I O N N E M E N T</b>			
<b>FLUX HYDRIQUE</b>			
alimentation en eau	pluviométrie annuelle	suivi pluviométrique (données annuelles, mensuelles)	condition de développement de la végétation
	apports des tributaires (débits)	cf. fiche technique hydrologie (débits moyens annuels, mensuels)	caractérisation de l'année sèche/humide
☞ rythmes hydrologiques	niveaux du plan d'eau	cf. fiches techniques niveaux d'eau (niveaux moyens annuels, mensuels)	sèche/humide
	temps de séjour de l'eau dans le lac	cf. fiche technique hydrologie (temps de séjour et son évolution)	condition de développement du phytoplancton
nappes	niveaux piézométriques	cf. fiche technique niveau d'eau (carte piézométrique, graphiques de fluctuation)	alimentation en eau des milieux périphériques
<b>FLUX MINÉRAUX</b>			
☞ état trophique	lac : données physico-chimiques	cf. fiche technique bilan trophique (teneur des eaux en nutriments)	état d'eutrophisation du milieu origine des apports nutritionnels
	évaluation des flux issus de la nappe		
	évaluation des flux issus des tributaires		
	apports par le ruissellement : évacuation du sol dans le bassin versant		
	bilan en éléments nutritifs dans les sédiments	cf. fiche technique bilan trophique	
pollution	teneur des eaux en éléments toxiques	identification des rejets sur le terrain, analyse de l'eau (teneur des eaux en polluants)	conditions de vie de la faune et de la flore
<b>FLUX DE MATIÈRE ORGANIQUE</b>			
déplacement de poissons	dénombrement de poissons dans la zone humide ou au tributaire	pêches scientifiques régulières (cartes des frayères, axes de déplacements)	échanges de la ZH avec tributaire ou lac
migration d'amphibiens	dénombrement d'amphibiens	comptage lors de nuits humides de printemps : estimation des populations, détermination des axes de migration (carte des axes de migration, des obstacles)	échanges de la ZH avec son environnement
déplacements d'oiseaux	dénombrement d'oiseaux	comptages d'oiseaux selon un protocole standardisé, localisation des zones de reproduction (cartes des axes de déplacements des oiseaux (en particulier) échanges reproduction / alimentation)	

☒ A connaître en priorité

# Tableau indicateurs

## Bordures de plans d'eau

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation</b> (mode de représentation)	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D E L A V A L E U R</b>			
<b>FONCTIONS / ATTRIBUTS (VALEUR INTRINSÈQUE)</b>			
	<b>épuration des eaux</b>	bilan en éléments nutritifs	fiche technique : bilan trophique
	<b>écrêtement des crues</b>	débit écrêté par la zone humide	fiche technique : crues
<b>PRODUITS / SERVICES NATURELS (RESSOURCE)</b>			
⇒	<b>activités récréatives</b>	fréquentation	comptage des visiteurs (évolution de la fréquentation, carte de la fréquentation)
		caractéristiques de la fréquentation : origine géographique, activités pratiquées, satisfaction	enquête auprès des visiteurs (tableaux de chiffres)
	<b>ressources halieutiques, aquacoles</b>	pêche de loisirs : nombre de journées pêcheur	enquête auprès des fédérations de pêche (évolution de la pratique de la pêche)
		pêche commerciale : quantité de poissons pêchés	enquête auprès des pêcheurs professionnels (évolution de la pratique de la pêche)
	<b>originalité, patrimoine culturel</b>	indicateurs à mettre en place en fonction du contexte local	
<b>M E N A C E S E T E N J E U X D E C O N S E R V A T I O N</b>			
<b>CAUSES, USAGES</b>			
⇒	<b>urbanisation</b>	occupation du sol	photo aérienne : % du sol des environs occupé par urbanisation, routes (cartes et graphiques d'évolution)
		population à proximité d la zone humide	recensement de la population : nombre d'habitants des communes riveraines (cartes et graphiques d'évolution)
	<b>rejets</b>	rejets : natures, volumes	étude des relations avec le territoire environnant
	<b>activités agricoles</b>	données agricoles générales	approche communale : recensement général de l'agriculture (cartes et graphiques d'évolution)
		données agricoles locales	approche locale : enquête (nombre d'agriculteurs, âges, surfaces, production) (cartes et graphiques d'évolution)
⇒	<b>tourisme, surfréquentation</b>	fréquentation	comptage des visiteurs (évolution de la fréquentation, carte de la fréquentation)
	<b>industrie</b>	nombre d'installations classées recensées	enquête auprès des DRIRE, des CCI, ... cartes des installations classées
	<b>infrastructures routières</b>	densité et type du réseau routier	mesure sur carte ou photos aériennes : km de routes / km <sup>2</sup> de terrain (cartes des routes, évolution de la densité)
	<b>chasse</b>	caractérisation de la pression cynégétique	enquête auprès de chasseurs : tableau de chasse (nombre d'animaux tués : an sur l'étang) ; pression de chasse (nombre de journées-chasseurs/an) (graphiques d'évolution de ces indices)
	<b>pêche</b>	caractérisation de la pression halieutique	enquête auprès des pêcheurs : nombre de journées-pêcheurs par an, quantités de poissons pêchés (graphiques d'évolution de ces indices)
⇒	<b>succession végétale</b>	composition et structure de la végétation	carte de la végétation (terrain, photos aériennes) et relevés phytosociologiques représentatifs (graphiques d'évolution de ces indices)
	<b>prolifération d'espèces exotiques</b>	composition et structure de la végétation	relevés phytosociologiques : indices d'abondance des espèces exotiques (graphiques d'évolution de ces indices, cartes de présence de ces espèces)

# Tableau indicateurs

## Bordures de plans d'eau

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>P H É N O M È N E S I N D U I T S</b>			
<b>MODIFICATIONS HYDRAULIQUES</b>			
modifications des arrivées et niveaux d'eau	niveau d'eau	limnimètre-limnigraphe (courbes des niveaux)	identification de problèmes : stabilisation niveaux excessifs
	caractérisation de la végétation	relevés phytosociologiques : état des communautés sensibles (surfaces état des communautés sensibles : vasières, roselières)	
<b>POLLUTIONS</b>			
pollution des eaux et des sédiments	eutrophisation : teneur de l'eau en nutriments	analyses physico-chimiques (azote, phosphore, oxygène) (tableaux de données, graphiques d'évolution)	état d'eutrophisation
	eutrophisation : abondance du phytoplancton	analyse de la chlorophylle, mesures de transparence (tableaux de données, graphiques d'évolution)	
	pollution toxique : teneurs en polluants des eaux et sédiments	analyses physico-chimiques (études lourdes) (tableaux de données, graphiques d'évolution)	état de pollution
<b>MODIFICATIONS PHYSIQUES</b>			
→ batillage (destruction des roselières)	cartographie des berges	cartographie des berges érodées, évolution des surfaces de roselières (cartes, graphiques d'évolution)	état de conservation des groupements végétaux des berges
	piétinement	carte de la végétation, surface occupée par des groupements sensibles (pionniers) (carte de végétation, évolution des surfaces)	
	morcellement	superficie et structure des habitats	
<b>MODIFICATIONS BIOCÉNOTIQUES</b>			
régression des roselières	suivi des surfaces de roselières	mesures sur photos aériennes (cartes des roselières, évolution des surfaces)	état de conservation
chasse	caractérisation de la pression cynégétique	enquête auprès des chasseurs : tableau de chasse (nombre d'animaux tués / an sur l'étang) ; pression (nombre de journées / chasseurs / an) (graphiques d'évolution de ces indices)	état de la pression sur le milieu
<b>A C T I O N S D E R E S T A U R A T I O N E T D E G E S T I O N</b>			
protection réglementaire	état des protections réglementaires	enquête auprès de la DIREN : surfaces protégées (évolution des surfaces protégées)	état des protections
contrôle du foncier (acquisition, convention)	état des surfaces contrôlées pour leur protection et leur gestion (MAE)	enquête auprès des opérateurs fonciers (conservatoires,...) (évolution des surfaces contrôlées)	efficacité des mesures
contrôle de l'urbanisation	zonage du POS	analyse des POS : % des sols en ND, ECB (évolution des %)	
suppression de rejets polluants	nombre de rejets	carte des rejets (évolution des rejets)	efficacité des mesures
	bilan des apports trophiques	fiche technique bilan trophique (évolution des apports)	
contrôle des successions végétales	composition de la végétation	suivi phytosociologique avec comparaison entre zones gérées et zones témoins (comparaison des données dans le temps et dans l'espace)	
lutte contre les végétaux exotiques	composition de la végétation	relevés phytosociologique : indices d'abondance des espèces exotiques (graphique d'évolution de ces indices, cartes de présence de ces espèces)	
protection des roselières	surface de roselières	photo-interprétation : surface des roselières (surface totale, surface protégée) (carte des roselières protégées, évolution du % des roselières protégées)	
contrôle de la fréquentation	nombre de visiteurs	comptage et cartographie des visiteurs (graphique d'évolution de ces indices, cartes)	
→	état des groupements végétaux sensibles	cartographie des groupements sensibles, phytosociologie (cartes, relevés)	
		génie écologique	

☞ A connaître en priorité

À gauche :  
marais créé spontanément  
dans une extraction  
de matériaux peu profonde  
(Ile de la Chèvre, Rhône)

À droite :  
contre-canal du Rhône  
près de Belley (Ain)



# Zones humides artificielles

## [ 1 ] Définition

Les activités humaines ont permis la création involontaire de multiples zones humides : retenues, gravières...

Il s'agit de milieux humides d'eau douce créés artificiellement.

Ces zones humides n'ont pas été créées volontairement comme dans le cas des étangs ; il s'agit de milieux apparus dans le cadre de travaux ayant d'autres motivations (production d'électricité, de granulats, transferts d'eau pour l'agriculture,...).

Cette définition réunit des sous-types très différenciés :

### Bordures de retenues

- marais créés sur les sédiments déposés dans les lacs de retenues : marais de l'Étourneil sur le Rhône (Ain, Haute-Savoie), retenues de la basse vallée de l'Isère (Drôme),
- berges de canaux soumis à un faible batillage : canal de Jonage (Rhône).

### Zones humides issues d'extraction

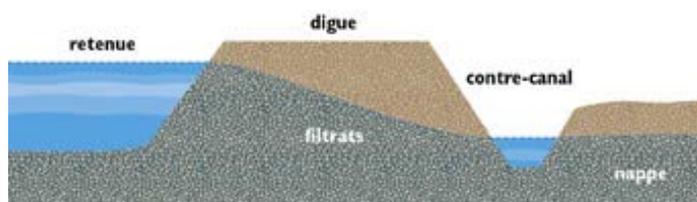
- dépressions humides des carrières de roche massive : Optevoz (Isère),
- gravières alluvionnaires alimentées par la nappe,
- extraction de tourbe.

### Zones humides de sols compactés

Les travaux de génie civil peuvent entraîner l'imperméabilisation de certains terrains par tassement, permettant la formation de mares, généralement temporaires.

### Canaux de drainage

- petits canaux créés dans des plaines agricoles pour abaisser le niveau de la nappe et éventuellement faciliter le réessuyage des terres après les crues (roubines du sud de la France,...),
- contre-canaux, drainant les eaux des digues des retenues (vallée du Rhône).



Du fait de la multiplicité des situations, il est très difficile de réunir dans un texte unique les caractères de ces zones humides. De ce fait, la présente fiche décrit principalement les zones humides les plus fréquentes, gravières en eau, berges de retenues et canaux.

Les activités qui ont donné naissance à ces zones humides induisent des impacts, souvent forts, sur d'autres milieux naturels : destructions de milieux naturels, dégradation de la qualité des eaux, perturbation du fonctionnement hydraulique,... Ces impacts, et les méthodes visant à les limiter, ne sont pas abordés ici.

#### Canaux d'irrigation

Essentiellement développés en régions méditerranéennes, ce sont des ouvrages souvent anciens. Ils ont permis le développement d'une végétation mésophile sur leurs bordures. Leurs pertes et l'arrosage par submersion ont eu des conséquences analogues.

## [ 2 ] Structure

### 2.1 ■ Plans d'eau : carrières, retenues

Ce type de zones humides regroupe des situations très contrastées.

#### ⇒ Géologie

L'écologie des carrières de roche massive est bien différente de celle des gravières alluvionnaires.

#### ⇒ Profondeur

La profondeur peut être très variable dans les carrières en eau ; elle y détermine le développement de la végétation aquatique (rare en dessous de 5-6 mètres).

#### ⇒ Marnage

Le marnage peut être très fort dans les retenues, du fait de la gestion des barrages ; il entrave considérablement le développement de la végétation.

#### ⇒ Batillage

Les vagues créées par les bateaux ou le vent peuvent représenter une contrainte très forte pour la végétation des berges.

### 2.2 ■ Eau courante : canaux...

Outre sur les caractères classiques (localisation, géologie,...), il faut insister sur quelques autres paramètres :

#### ⇒ Profondeur

Selon les cas, les canaux peuvent être dépourvus de végétation (eau profonde et turbide), colonisés par les plantes aquatiques (eau moyennement profonde, transparente) ou par les hélophytes (eau très peu profonde).

#### ⇒ Pente

La pente du canal conditionne la vitesse d'écoulement, et donc les conditions de développement de la vie : possibilités de prolifération du phytoplancton en cas de courant très faible, sélection d'espèces spécialisées en cas de fort courant,...

#### ⇒ Ombrage

Les canaux de drainage, souvent de petite taille, peuvent posséder une végétation très différente selon qu'ils connaissent un fort ensoleillement ou au contraire, qu'ils soient très ombragés.

[ 3 ] Fonctionnement

Une alimentation généralement dominée par la nappe phréatique et les cours d'eau.

⇒ Flux hydriques

L'alimentation en eau peut être très variable selon les sites.

**Cours d'eau**

Les retenues et certaines gravières sont directement alimentées par une rivière. Pour les canaux, le flux est géré artificiellement en fonction des besoins et des contraintes.

**Pluie**

Certaines zones humides de carrières de roche massive, ou mares sur remblais compactés, non alimentées par une nappe, peuvent être totalement dépendantes des précipitations.

**Nappe**

La plupart des gravières en eau sont alimentées par la nappe. Dans le cas des contre-canaux de drainage, il s'agit en partie de "filtrats", eaux du cours d'eau endigué ayant circulé à l'intérieur de la digue vers le contre-canal (caractères physico-chimiques intermédiaires entre des eaux de surface et des eaux souterraines).

Les **fluctuations** des niveaux d'eau peuvent être fortes, du fait de l'action des barrages (retenues), de l'évaporation (carrières) ou des fluctuations naturelles des nappes ou des débits.

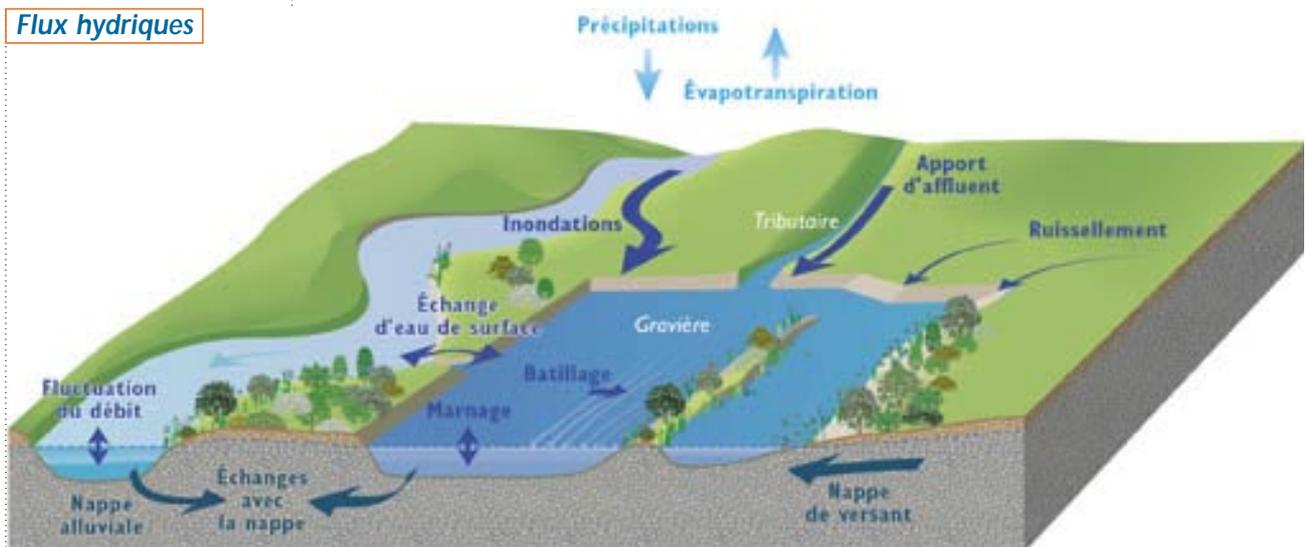
L'influence des **crués** est très variable selon les sites :

- elle est nulle dans les carrières de roche massive, les contre-canaux,
  - dans les retenues, les crués n'entraînent pas forcément un relèvement du niveau d'eau, du fait de la gestion du barrage ; elles provoquent toutefois une augmentation des vitesses et de la turbidité.
- Les gravières en eau présentent des situations très variables vis-à-vis des cours d'eau et des crués. Elles peuvent en être totalement déconnectées ou au contraire reliées en permanence.

**Gravière**

Les gravières correspondent le plus souvent à des destructions de prairies et à une augmentation des risques de pollution de la nappe alluviale.

Flux hydriques



Les gravières en eau sont souvent relativement peu productives sur le plan biologique, du fait d'apports limités par les crues, la nappe ou les versants...

### ⇒ Flux minéraux

Les apports en matières en suspension, nutriments et polluants proviennent largement du cours d'eau, dans les retenues ou les gravières en eau.

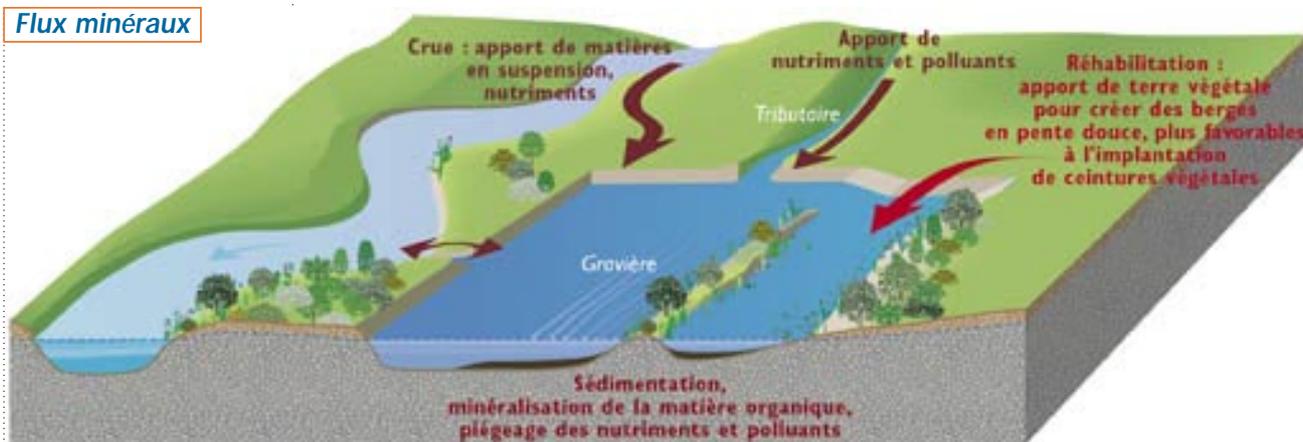
La nappe, et le bassin versant en général, peuvent apporter des nutriments (nitrates). Les filtrats alimentant les contre-canaux, peuvent avoir une charge trophique importante, y compris pour les phosphates.

Certaines gravières déconnectées des cours d'eau ou carrières en roche peuvent être très oligotrophes, car alimentées surtout par la pluie et/ou la nappe.

Le niveau trophique des gravières varie également en fonction de la plus ou moins grande quantité de terre végétale déversée dans l'eau pendant la période d'exploitation.

Les gravières et retenues constituent des zones d'accumulation. Les sorties sont généralement faibles (écoulement en crue,...) ; les chasses, vidanges artificielles et curages des barrages entraînent l'évacuation de sédiments déposés dans les retenues.

#### Flux minéraux



Lorsqu'elles sont situées dans le lit majeur, les zones humides artificielles sont très liées au cours d'eau voisin : apports de semences, circulations des poissons...

### ⇒ Flux de matières organiques

Certaines zones humides artificielles font l'objet d'apport de matières organiques par la rivière, de façon chronique et surtout lors des crues (embâcles de bois,...), lors du réaménagement des berges (gravières).

Certains milieux productifs sont le lieu d'une importante production de matières organiques (roseaux, arbres).

Dans les milieux connectés à un cours d'eau, les échanges s'opèrent surtout avec celui-ci (déplacement des poissons, des graines,...). Certaines gravières, marais de bord de retenue ou contre-canaux peuvent constituer des annexes de substitution, surtout intéressantes si les annexes naturelles (anciens bras,...) sont rares ; ces milieux constituent des frayères intéressantes pour les poissons du cours d'eau voisin, des sites de reproduction pour le castor, les odonates,... Dans les autres cas, les relations s'effectuent surtout vers les milieux terrestres environnants.

**Flux de matières organiques**



[ 4 ] Valeurs

Les zones humides artificielles ne présentent généralement qu'une valeur limitée. Les fonctions qu'elles assurent résultent moins de leur caractère de zones humides que de leur gestion par les hommes.

4.1 ■ Fonctions / attributs

Les zones humides artificielles sont souvent très banales, mais certaines présentent un réel intérêt en terme de patrimoine naturel.

⇒ *Épuration des eaux*

La végétation de certaines gravières en eau ou retenues peut piéger des quantités non négligeables de nutriments ou de matières en suspension.

⇒ *Régulation des crues, soutien des étiages*

Ces fonctions ne sont pas assurées directement par les zones humides artificielles, mais par la gestion des barrages réservoirs et des canaux d'irrigation.

⇒ *Biodiversité*

Les bordures de retenues peuvent accueillir des zones marécageuses intéressantes (roselières, vasières,...) ; leur richesse est généralement affectée par diverses contraintes (marnage, batillage,...).

Les gravières et carrières en eau présentent parfois une biodiversité correcte ; certaines abritent (au moins temporairement) des groupements pionniers ou oligotrophes originaux.

En région méditerranéenne, la présence de canaux et d'irrigation, permet le maintien et le développement d'espèces qui ne seraient pas présentes aux étages bioclimatiques concernés. Cette végétation a créé un paysage typique, en particulier par le développement des haies.

⇒ *Paysage*

La végétalisation spontanée de certains milieux artificiels permet d'en améliorer notablement le paysage : canal de Jonage bordé de roselières,...

## 4.2 ■ Produits, services

La grande majorité des retenues ou gravières ne possèdent qu'un faible intérêt, à cause d'une topographie peu intéressante, et d'une évolution défavorable.

### ⇒ *Prévention des risques d'incendie*

Le cloisonnement du territoire par le réseau de canaux, bordés d'une végétation peu inflammable, est un atout pour la PFCI. Par ailleurs, en cas d'incendie déclaré, les canaux peuvent servir à la lutte (cas des alpilles en 1999).

### ⇒ *Activités récréatives*

La pêche est sans doute le loisir le plus répandu sur les zones humides artificielles. Les activités nautiques, la chasse, la promenade à pied ou en vélo sur les circuits aménagés le long des voies d'eau, l'observation des oiseaux peuvent également valoriser ces espaces.

### ⇒ *Alimentation en eau*

Certaines gravières en eau et les canaux font l'objet de prélèvements, par exemple pour l'alimentation en eau potable (Miribel-Jonage).

### ⇒ *Évacuation des eaux*

Les canaux permettent l'évacuation des eaux pluviales et la gestion des écoulements en montagne.

## [ 5 ]

Les zones humides artificielles connaissent généralement une banalisation au cours des années.

## Menaces et enjeux de conservation

Les zones humides artificielles présentent souvent une valeur médiocre, liée à certains caractères du milieu : berges en pentes excessives, stérilité des sols,...

Après la création de la gravière ou de la retenue, la végétation se développe durant les premières années ; pourtant, elles tendent souvent à voir leur intérêt diminuer au cours du temps.

### ⇒ *Vieillesse de l'écosystème*

Les zones humides artificielles ne présentent pas de mécanismes naturels de régénération des écosystèmes. Ces milieux connaissent donc spontanément une évolution "à sens unique" avec accumulation de sédiments et modification de la végétation (disparition des espèces pionnières et développement des arbres). Les plans d'eau, faisant l'objet d'une accumulation de sédiments et nutriments, tendent à s'eutrophiser. La qualité écologique des milieux s'en trouve généralement affectée ; les stades végétaux jeunes (vasières, roselières,...) sont plus intéressants que les stades anciens (boisements). Poussée à l'extrême, cette évolution peut conduire à la disparition de la zone humide par atterrissement.

### ⇒ *Activités humaines*

Les gravières en eau perdent souvent de leur valeur écologique à cause du développement des loisirs (nautisme, pêche...) et de dégradations (dépôts sauvages, rejets,...).

### ⇒ *Marnage*

Le marnage excessif de nombreuses retenues empêche le développement d'une végétation riveraine.

### ⇒ *Batillage*

Les vagues créées par les bateaux ou le vent empêchent souvent le développement de la végétation riveraine sur les berges des retenues ou des grandes gravières.

### ⇒ *Pollution*

Les retenues sont parfois implantées sur des cours d'eau pollués, ce qui gêne l'implantation de communautés vivantes diversifiées.

### ⇒ *Prolifération d'espèces invasives*

Les espaces remaniés que constituent gravières ou berges de retenues sont propices au développement de plantes exotiques dont la prolifération pose problème (renouée du Japon, verge d'or,...).

[ 6 ]

## Actions

Des travaux de restauration ou de gestion peuvent permettre d'améliorer et de pérenniser l'intérêt de ces zones humides.

Il est difficile de généraliser la situation de zones humides très disparates, mais quelques grands objectifs peuvent être cités :

- restaurer les milieux dégradés lors des travaux d'aménagement,
- favoriser le contact entre la terre et l'eau,
- limiter le vieillissement prématuré des milieux,
- contrôler le développement de la fréquentation.

Les actions qui en découlent sont diverses :

### ⇒ Amélioration de la topographie

Les berges artificielles sont généralement trop pentues pour présenter un intérêt écologique réel. Des opérations de restauration permettent d'améliorer cette situation : création de berges en pentes douces, îlots, mares, hauts-fonds...

### ⇒ Contrôle des flux minéraux

Dans certains cas, il peut être possible et nécessaire de limiter les apports de sédiments et nutriments dans la zone humide (gravières en particulier) : végétalisation et atténuation des pentes des berges (réduction de l'érosion), création de bassins de piégeage des sédiments,...

### ⇒ Aide à la végétalisation des berges

Les berges soumises au marnage peuvent être végétalisées (implantation de carex,...). Les berges soumises aux vagues peuvent être plantées ou protégées des vagues par implantation de merlons.

### ⇒ Contrôle des successions végétales, entretien de la végétation

Afin d'éviter le boisement et l'uniformisation des milieux, les gestionnaires mènent parfois des opérations de débroussaillage des berges.

Dans certains cas, il est nécessaire de mener des actions plus radicales, avec par exemple la création de chenaux dans des roselières atterries (réserve de Printegarde, Ardèche).

### ⇒ Contrôle de la fréquentation

Afin d'éviter une perturbation excessive, il est important de contrôler la fréquentation : barrières, information du public,...

### ⇒ Gestion des relations nappe-gravières

Il est parfois possible d'améliorer les échanges entre une gravière et la rivière voisine : contrôle des entrées d'eau (limitation des apports de matières en suspension), contrôle du niveau de la gravière, renforcement des échanges biologiques (création ou gestion d'un bief de liaison).

[ 7 ]

## Tableau de synthèse

Le tableau ci-après présente une synthèse des différents éléments de fonctionnement, de valeurs, d'atteintes et d'actions, utiles pour l'étude complète d'un écosystème lagunaire et marais.

En face de chacun des éléments cités, se trouvent un ou plusieurs indicateurs ou famille d'indicateurs :

- ceux qui doivent être connus en priorité sont mentionnés par : ⇒
- certains indicateurs font l'objet d'une fiche technique présentée dans la partie 2 du guide (page 91).

# Tableau indicateurs

## Zones humides artificielles

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>S T R U C T U R E</b>			
	<b>localisation</b>	longitude-latitude	localisation sur carte IGN 1/25 000 (carte de localisation)
		☒ superficie de l'ensemble du site, de l'eau libre et de la végétation liée à l'eau	mesures sur photographie aérienne (ou travail de géomètre) (tableaux de chiffres)
		altitude moyenne	altitude calculée d'après la carte IGN (chiffre)
➔	<b>topographie</b>	profondeur : moyenne, extrême	fiche topographie
		☒ pente des berges	calcul des pentes à partir de transects topographiques (cartes des pentes)
		indice de sinuosité des berges	indice de sinuosité : rapport entre la longueur développée et la longueur schématisée des berges (comparaison de cet indice entre différents sites)
	<b>géologie, géomorphologie</b>	nature géologique des sols	analyse de la carte géologique (extrait de la carte géologique)
➔	<b>composition végétale occupation du sol</b>	liste des différents groupements végétaux	après cartographie de la végétation, liste des groupements, (carte de végétation, comparaison entre sites)
		☒ % de l'espace occupé par les différentes formes d'utilisation ou d'usages	d'après la photographie aérienne, calcul de la proportion occupée par labours, prairies, bois (carte d'occupation du sol)
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D U F O N C T I O N N E M E N T</b>			
<b>FLUX HYDRIQUE</b>			
	<b>apports d'eau de surface</b>	cours d'eau tributaires (débits)	cf. fiche technique hydrologie
		pluviométrie	relevés pluviométriques (chiffres annuels, mensuels)
		flux internes : débits passants de plans d'eau	cf. fiche technique niveau d'eau
		inondations : surfaces, fréquence, dates, hauteurs d'eau	cf. fiche technique crues
➔	<b>nappes</b>	bilan piézométrique : hauteur et battement de la nappe, origine des flux	cf. fiche technique niveau d'eau
➔	<b>fluctuations du plan d'eau</b>	niveaux d'eau de surface	cf. fiche technique niveau d'eau
		☒ batillage : état des berges	état d'érosion des berges (carte des berges)
<b>FLUX MINÉRAUX</b>			
➔	<b>eutrophisation</b>	lac : données physico-chimiques	cf. fiche technique bilan trophique (teneur des eaux en nutriments)
		évaluation des flux issus de la nappe	
		évaluation des flux issus des tributaires	
		apports par le ruissellement : évacuation du sol dans le bassin versant	
		bilan en éléments nutritifs dans les sédiments	cf. fiche technique bilan trophique
➔	<b>sédimentation</b>	teneur des eaux en éléments toxiques	identification des rejets sur le terrain, analyse de l'eau (teneur des eaux en polluants)

☒ A connaître en priorité

# Tableau indicateurs

## Zones humides artificielles

	■ <b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	■ <b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	■ <b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D U F O N C T I O N N E M E N T ( S U I T E )</b>			
<b>FLUX DE MATIÈRE ORGANIQUE</b>			
<b>déplacement d'animaux</b>	dénombrement de poissons	pêches scientifiques régulières (estimation de l'isolement du plan d'eau)	complémentarité biologique entre rivière et gravière
	dénombrement d'amphibiens	comptage lors de nuits humides de printemps : estimation des populations, détermination des axes de migration (carte des axes de migration)	détermination des milieux complémentaires de la gravière
	dénombrement d'oiseaux	comptages d'oiseaux selon un protocole standardisé, localisation des zones de reproduction (cartes des axes de déplacements des oiseaux (en particulier) échanges reproduction / alimentation)	
<b>maintien des habitats</b>	distribution spatiale de la végétation	cartographie	importance et évolution des habitats d'espèces prioritaires
<b>C A R A C T É R I S A T I O N D E L A V A L E U R</b>			
<b>FONCTIONS / ATTRIBUTS (VALEUR INTRINSÈQUE)</b>			
<b>épuration des eaux</b>	bilan en éléments nutritifs amont/aval	cf. fiche technique bilan trophique	
<b>écrêtement des crues</b>	débit écrêté par la zone humide	cf. fiche technique crues et inondations	
→ <b>diversité biologique</b>	nombre d'espèces et de groupements, espèces et groupements remarquables	cf. fiche technique patrimoine naturel	
<b>originalité (culture...)</b>	indicateurs à mettre en place en fonction du contexte local	cf. fiche technique patrimoine naturel	
<b>PRODUITS / SERVICES NATURELS (RESSOURCE)</b>			
<b>alimentation en eau</b>	volumes d'eau prélevés pour l'eau potable, l'industrie ou l'agriculture	enquête auprès des services chargés de l'eau (tableaux de chiffres)	rôle du site, évolution
→ <b>activités récréatives</b>	évaluation de la fréquentation	comptage des visiteurs (évolution de la fréquentation, carte de la fréquentation)	
<b>ressources halieutiques,</b>	nombre de journées pêcheur	enquête auprès des fédérations de pêche et des associations (évolution de la pratique de la pêche)	
<b>prévention des risques</b>	structuration de l'espace	cartographie	emprise spatiale des aménagements et des milieux
<b>M E N A C E S E T E N J E U X D E C O N S E R V A T I O N</b>			
<b>CAUSES / USAGES</b>			
→ <b>extractions</b>	volumes extraits, autorisations délivrées	enquête auprès de la DRIRE : autorisations délivrées ; enquête auprès des propriétaires : volume (cartes des surfaces autorisées, chiffres)	rôle du site, évolutions futures
<b>comblement, sédimentation</b>	topographie	fiche technique : topographie	
<b>rejets</b>	rejets : natures, volumes	cartographie, volumes, analyses	
<b>loisirs</b>	fréquentation (quantité, évolution)	comptage de visiteurs (évolution de la fréquentation, carte de la fréquentation)	pression sur le milieu
	pression de pêche : nombre de cartes vendues nombre de journées-pêcheurs	enquête auprès des associations (graphique d'évolution de ces indices, carte des pratiques)	
	pression de chasse	enquête auprès des chasseurs : surfaces ouvertes à la chasse, nombre de cartes (graphique d'évolution de ces indices)	
	indicateurs de dérangement : populations d'oiseaux farouches	suivi de la nidification des hérons et autres oiseaux d'eau (évolution du nombre de couples, cartes des sites utilisés)	pression sur les espèces sensibles
<b>étanchement des canaux</b>	bilan des pertes / niveau des nappes	cartographie, schéma hydraulique	connaissance du lien avec les zones humides
→ <b>succession végétale</b>	composition et structure de la végétation	carte de la végétation (terrain, photos aériennes) et relevés phytosociologiques représentatifs (carte de la végétation, tableau d'évolution des relevés)	degré de fermeture (boisement) de la végétation
<b>prolifération d'espèces exotiques</b>	abondance des espèces exotiques	fiche technique : bilan trophique	

→ A connaître en priorité

# Tableau indicateurs

## Zones humides artificielles

	<b>Indicateurs ou familles d'indicateurs</b>	<b>Nature ou type d'investigation (mode de représentation)</b>	<b>Phénomènes révélés par l'indicateur</b>	
<b>P H É N O M È N E S I N D U I T S</b>				
<b>POLLUTIONS</b>				
→	<b>eutrophisation</b>	teneurs de l'eau en azote, phosphore, oxygène chlorophylle	analyses physico-chimiques (azote, phosphore, oxygène) (tableaux de données, graphiques d'évolution)	état d'eutrophisation
	<b>pollution toxique</b>	teneurs de l'eau ou des sédiments toxiques	analyse physico-chimiques (recherches de molécules à déterminer en fonction du contexte) (tableau de chiffres, comparaison à des normes)	identification d'un problème de toxicité
<b>MODIFICATIONS PHYSIQUES</b>				
	<b>surpiétinement</b>	état de la végétation des berges	cartographie des berges : % des berges occupées par des communautés des vasières (graphique d'évolution de ce %, carte de la végétation)	évaluation de l'intensité du piétinement
	<b>batillage</b>	état des berges	cartographie des berges : zone d'érosion (cartes des berges)	gravité du problème
<b>MODIFICATIONS BIOCÉNOTIQUES</b>				
	<b>espèces exotiques</b>	composition floristique	relevés phytosociologiques : indices d'abondance des espèces exotiques, cartes de présence (graphique d'évolution de ces indices, carte de présence de ces espèces)	gravité du problème
<b>A C T I O N S D E R E S T A U R A T I O N E T D E G E S T I O N</b>				
	<b>protection réglementaire</b>	état des protections réglementaires	enquête auprès de la DIREN : surfaces protégées (évolution des surfaces protégées)	état des protections
	<b>contrôle du foncier (acquisition, convention)</b>	état des surfaces contrôlées en vue de conservation	enquête auprès des opérateurs fonciers (conservatoires,...) (évolution des surfaces contrôlées)	
→	<b>amélioration de la topographie (génie écologique)</b>	pente des berges	carte des pentes des berges (carte des berges)	ampleur des réaménagements
		relevés faunistiques ou floristiques	pour chaque site traité : suivi phytosociologique ou suivi d'espèces indicatrices remarquables, comparaison avec des parcelles témoins (tableau de comparaison avant-après, graphique d'évolution des espèces suivies)	efficacité des actions
	<b>suppression de rejets polluants</b>	rejets : nombre, volumes, composition	enquête de terrain (carte des rejets)	
	<b>restauration des connexions biologiques</b>	dénombrements de poissons	approche qualitative : localisation des obstacles. approche quantitative : pêche électriques, comptages sur passe à poissons (carte des obstacles, des frayères)	
→	<b>contrôle des successions végétales</b>	composition de la végétation	suivi phytosociologique avec comparaison entre zones gérées et zones témoins (comparaison des données dans le temps et dans l'espace)	
	<b>lutte contre les espèces exotiques</b>	abondance des espèces exotiques	relevés phytosociologiques : indices d'abondance des espèces exotiques, graphique d'évolution de ces indices, cartes de présence de ces espèces	
	<b>contrôle de la fréquentation</b>	nombre de visiteurs	comptage et cartographie des visiteurs (graphique d'évolution de ces indices, cartes)	
		nombre de pêcheurs	comptages absolus ou relatifs des pêcheurs, cartographie (graphique d'évolution de ces indices, cartes)	
		espèces sensibles au dérangement	comptages d'oiseaux nicheurs sensibles (graphiques d'évolution, cartes de présence)	
→	<b>génie écologique</b>	suivi d'indicateurs faunistiques ou floristiques	pour chaque site traité : suivi phytosociologique ou suivi d'espèces indicatrices ou remarquables, comparaison avec des parcelles témoins (tableau de comparaison avant-après, graphique d'évolution des espèces suivies)	
	<b>contrôle des pratiques d'irrigation</b>	état de la gestion	présence d'une structure de gestion	suivi des pratiques

→ A connaître en priorité



# Fiches techniques indicateurs





■ Structure

 Patrimoine

Types de zones humides : toutes

■ Fonctionnement

 Valeur

Échelle d'observation : locale

### D é f i n i t i o n

La topographie est la description du relief d'un site ; la bathymétrie en est la composante pour les zones situées sous la surface des eaux. La géomorphologie est l'analyse des formes de relief et de leur dynamique d'évolution.

### O b j e c t i f s

Il est important de connaître ou de suivre la topographie et la géomorphologie d'une zone humide pour :

- caractériser le milieu (profondeur d'eau, hauteur du sol par rapport à l'eau,...) ;
- suivre son évolution (sédimentation, érosion) ;
- comprendre et prévoir (modélisation mathématique) son fonctionnement (circulation hydrodynamique, crues,...).

### É l é m e n t s d e m é t h o d e

#### Méthode ■



#### Mesures de l'altitude

Les méthodes de levés topographiques sont classiques :

- levé terrestre de géomètre (théodolite ou GPS),
- photogramétrie : interprétation de photographies aériennes.

Le système GPS différentiel (repérage satellitaire de la localisation d'un point et de son altitude) peut être intéressant pour les géomètres, mais aussi directement pour les gestionnaires. Ce matériel peut par exemple aider à situer précisément un transect ou un point de mesure de la profondeur d'un plan d'eau et en faciliter le suivi à long terme.

Dans certains cas, l'exploitation des images satellitaires peut donner des indications sur l'altitude des sites (voir fiche occupation du sol).

Les données topographiques (plans, profils, bathymétrie) doivent si possible être calées sur un système de référence national. Le système utilisé doit être précisé : il s'agit généralement du Nivellement Général de la France 1969, mais parfois du système orthométrique, différent de quelques décimètres.

S'il n'est pas possible de se recalcr sur des repères officiels, les données restent relatives : niveaux d'eau mesurés sur une échelle dont on ne connaît pas la cote exacte.



#### Élaboration d'un plan topographique

Un tel outil de travail est généralement indispensable au gestionnaire ; plusieurs remarques peuvent être formulées sur sa mise en œuvre :

- La topographie au sol est plutôt utilisée pour des petites surfaces levées avec une forte précision, la photogramétrie pour les grands espaces étudiés globalement ;
- 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 : marge de précision acceptée, 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,...



## Bathymétrie

Sous l'eau, la bathymétrie s'appuie sur 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.

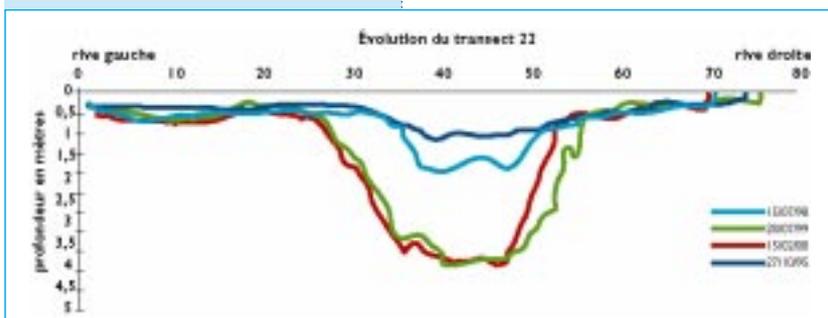
Ces mesures doivent être recalées par rapport à une référence (échelle fixe, mesure GPS du niveau d'eau,...).

L'analyse de la bathymétrie doit tenir compte de la nature du fond : la hauteur d'eau est-elle mesurée à partir de la couche de vase superficielle ou à partir du sol dur situé en dessous ?

Les bathymétries et mesures de l'altitude des plans d'eau doivent être réalisées par vent nul ou faible, car il peut exister des différences altitudinales non négligeables entre les deux rives d'un grand plan d'eau en cas de vent fort.



## Profils des berges



À partir de levés topographiques ou bathymétriques, il est possible d'établir des profils. Pour une comparaison correcte, il est indispensable que les profils soient repérés avec certitude (localisation X, Y, Z ou repère sur le terrain).

Le profil en long fournit un indicateur de base, la pente des rives, dont dépendent les conditions écologiques du milieu, le transport des matériaux...



## Géomorphologie

Les méthodes d'étude de la géomorphologie sont souvent complexes et sortent du champ d'action du gestionnaire. Quelques indicateurs de caractérisation peuvent toutefois être cités :

- **cartographie de l'état des berges** (boisées, enherbées, érodées, sédimentées,...). De telles cartes, réalisées généralement après parcours du terrain, permet de dresser un diagnostic, puis de le comparer d'une année sur l'autre.
- **Granulométrie des berges** : les sédiments peuvent être étudiés de façon visuelle ou par tamisage, permettant de définir des indices (granulométrie médiane,...). La granulométrie est intéressante pour connaître la résistance des berges à l'érosion.
- **Taux d'érosion des berges** : la comparaison de profils en travers de la rivière, ou de photographies aériennes réalisées à différentes dates permettent de calculer l'importance de l'érosion et son évolution (par exemple, recul d'une berge mesurée pour chaque année). L'analyse des profils permet de calculer des volumes érodés, ou au contraire déposés.

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.



### Transport solide et sédimentation

Les teneurs en **Matières En Suspension (MES)** de l'eau peuvent être intéressantes pour connaître l'importance et l'origine des apports dans la zone humide, le rôle de décanteur joué par celle-ci... Cette étude peut s'effectuer par différentes techniques :

- mesure de la transparence de l'eau au disque de Secchi : profondeur à partir de laquelle on ne voit plus un disque blanc plongé dans l'eau. Il faut toutefois noter que la transparence et la charge en MES ne sont que partiellement liées ; le plancton peut en particulier diminuer très fortement la transparence ;
- turbidimètre : appareil mesurant la concentration de l'eau en particules (exprimable en mg/l) ; ce dispositif installé en permanence dans le milieu naturel est équipé d'un enregistreur programmable (fréquence d'analyse) ;
- échantillonneur avec pompe ; ce dispositif permet de prélever au moment souhaité (crue par exemple) un volume d'eau qui pourra donner lieu à des analyses fines (MES, physico-chimie,...) ;
- bouteille siphon : cette méthode permet de connaître les flux de MES dans le lit majeur. Dans la plaine, il est possible d'implanter des piquets où sont accrochées des bouteilles qui se rempliront lors de l'inondation de la zone.

La **sédimentation** constitue un sujet de suivi très important pour le gestionnaire (quelle est l'espérance de vie de la zone humide?). Plusieurs techniques existent dans ce domaine :

- bathymétrie fine renouvelée à différentes dates : surtout utilisable en cas de sédimentation forte, ou de suivi à un pas de temps long ;
- 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 ;
- mise en place d'un support au fond du plan d'eau (chercher à obtenir une rugosité voisine de la rugosité du milieu environnant : tuiles renversées, moquette,...) sur lequel on pourra mesurer les sédiments déposés après un certain laps de temps ;
- installation de pièges pour les sédiments (boîtes métalliques dans lesquelles se déposeront les sédiments) ; ce type de méthode suppose que les sédiments se déposent par décantation verticale ;
- système de règles calées sur lesquelles il est possible de mesurer la hauteur de sédiments déposés entre deux passages.

D'autres méthodes permettent une connaissance historique de la sédimentation :

- analyse d'éléments radioactifs (césium 137, plomb 210) au sein de carottes de sédiments. Cette technique permet de connaître l'âge des sédiments, et donc l'évolution des dépôts au cours du temps ;
- mesure de la profondeur des sédiments déposés au dessus des collets des arbres, complétés avec la mesure de l'âge des arbres (dendrochronologie) : à quelle date se sont implantés les arbres, combien de sédiments se sont déposés depuis ?

L'étude de la charge de fond (rivières à forte dynamique) est plus délicate, mais des méthodes existent :

- chaînes : on fixe dans un banc de sédiments des chaînes, près desquelles les galets sont peints ; après la crue, il est possible de mesurer combien de sédiments se sont déposés au dessus des chaînes et de quelle distance ont progressé les galets peints ; il est alors possible d'en déduire les volumes de transport ;
- galets aimantés : des galets sont perforés et équipés d'aimants, puis repérés précisément sur le terrain ; après une crue, il est possible de retrouver ces galets (détecteurs d'aimants) pour connaître leur déplacement ;
- paniers métalliques (maille à définir), fixés au fond du lit avec l'ouverture vers l'amont ; retirés après une crue, ils permettront d'apprécier les flux de sédiments ;
- prélèvements de Helley et Smith : ces paniers lestés peuvent piéger les sédiments en transit lors de la crue (depuis un pont), permettant un échantillonnage dans le temps ou l'espace.

L'analyse de matières en suspension lors des crues permet de connaître les flux de sédiments dans la zone humide.





## Indicateurs biologiques

La végétation peut donner des indications précieuses sur la topographie dans certains cas. Dans le val de Saône, des relevés phyto-sociologiques ont permis de différencier les zones basses (humides, très inondables) des zones plus élevées ; ces données ont servi de base à la cartographie des cahiers des charges des mesures agri-environnementales.

## Programme ■ de suivi



Le suivi de profils permet de connaître le bilan sédimentaire des cours d'eau dynamiques (importance relative des érosions et des dépôts)

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 ou déposés.

### ■ 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, même 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. Ces critères doivent être utilisés avec prudence, de façon à tenir compte de multiples biais : variations des débits, dérangement des oiseaux...

### ■ Observations en crue

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,...



Les cartes de l'IGN au 1/25 000 permettent une première approche :

- les altitudes sont disponibles sous forme informatique (BD carto) ;
- pour une analyse historique des divagations d'un cours d'eau, 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 :

- cours d'eau domaniaux : le service de l'état responsable (DDE, service de la navigation,...) ou le concessionnaire (EDF, CNR,...) a souvent réalisé des profils, voire des plans ;
- plans réalisés par les collectivités locales ou par des aménageurs (passages d'infrastructures,...).

Les cartes anciennes ont permis de reconstituer l'histoire du site de Miribel-Jonage

### Déclinaison selon les types de zones humides

Les zones humides fluviales nécessitent particulièrement un suivi de la topographie et de la géomorphologie, parce que les évolutions peuvent y être très rapides et fortes. Dans les autres types de milieux, la sédimentation constitue souvent une évolution importante à suivre.

#### [ TYPE 3 ]

#### Marais littoraux et lagunes

La profondeur est un élément important de typologie et de caractérisation des lagunes.

L'exutoire des lagunes (ou grau) peut être l'objet de sédimentation (bouchon sableux) qu'il peut être intéressant de suivre. De même, l'érosion du littoral peut porter atteinte au cordon dunaire entre mer et lagune.

#### [ TYPES 5-6 ]

#### Zones humides de plaines alluviales

Le suivi de la topographie est important dans ces zones humides :

- topographie des fonds et lignes d'eau (profils en long et en travers) : incision ;
- dynamique fluviale : érosion, régénération ;
- sédimentation sur les îles, les annexes fluviales,...

#### [ TYPE 8 ]

#### Régions d'étangs

La topographie est importante pour connaître le risque d'atterrissement de ces plans d'eau peu profonds.

**[ TYPE 9 ]****Bordures de plan d'eau**

Ces zones humides étant globalement stables, leur suivi topographique n'est pas prioritaire.

**[ TYPE 10 ]****Zones humides de bas fonds en tête de bassin**

La topographie de ces zones humides est généralement stable, mais un atterrissement est parfois possible en cas d'apports en sédiments par un tributaire, ou de production de biomasse végétale.

**[ TYPE 13 ]****Zones humides artificielles**

Les barrages et carrières connectées à un cours d'eau font souvent l'objet d'une sédimentation forte, pouvant aller jusqu'à l'atterrissement complet. Un suivi de la bathymétrie y est donc utile.

Certaines gravières sont menacées par une capture par érosion des rives de la rivière voisine ; il peut en résulter des conséquences fortes (création d'un piège à sédiment, enfoncement du lit de la rivière). Dans ces conditions, il est important de suivre l'évolution de la rive.

**POUR EN SAVOIR PLUS**

- **Amoros C., Petts G.E.**, 1993. *Hydrosystèmes fluviaux*. Masson, 300p.
- **Bravard J.P., Petit F.**, 1999. *Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial*. Colin, 222p.
- **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, 39p.



■ Structure

■ Patrimoine

Types de zones humides : toutes

■ Fonctionnement

■ Valeur

Échelle d'observation : locale et niveau du bassin versant

### D é f i n i t i o n

L'occupation du sol désigne les différentes modalités par lesquelles l'homme fait usage des espaces naturels pour des aménagements urbains, industriels ou à des fins agricoles ou forestières.

### O b j e c t i f s

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, les éléments structurant, 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.

### É l é m e n t s d e m é t h o d e

#### Méthode ■



#### *L'étude de l'occupation du sol peut concerner :*

- un état actuel de la zone humide ;
- un état actuel de tout ou partie du bassin versant du site ;
- un historique de l'occupation antérieure qui pourrait expliquer un état actuel ;
- un renouvellement d'une précédente carte d'occupation du sol en cas de "doutes" ou d'observations réelles de changements dans les paramètres biotiques ou abiotiques sur le site géré : modifications des zones inondables, dépérissement de végétaux ;
- une évaluation des liens spatiaux avec les différentes unités.

On peut ensuite définir des unités homogènes en fonction des types d'activités (modification de l'assolement agricole,...), du niveau de vulnérabilité ou de protection juridique,... et en déduire ensuite des recommandations de gestion, de réhabilitation ou éventuellement de mise en sécurité du site.



#### *Moyens*

##### *Pour étudier l'état actuel*

Différents supports sont exploitables, essentiellement, les photographies aériennes verticales couleur ou infrarouge (pour différencier certaines grandes unités de végétation) les plus récentes possible. Elles sont peu onéreuses, facilement exploitables et disponibles à l'IGN. Les photos réalisées de façon verticale et oblique à faible altitude offrent également des degrés de précision intéressants. Mais aussi :

- les images satellites pour des aires d'études importantes (coût élevé, travail d'interprétation difficile) ;
- les cartes de l'IGN au 1/25 000 (faible coût mais 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).

On peut aussi consulter :

- les données du recensement général agricole (RGA), le type de cultures et la pression de pâturage ainsi que les parcelles agricoles (UGB/ha) disponibles à la DDAF ou à la Chambre d'Agriculture ;
- 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,...) ;
- les plans d'aménagement.

### Pour faire un historique du site et de son environnement

Différentes sources peuvent être exploitées :

- recherches archéologiques à différentes époques ;
- cartes historiques nationales de l'IGN (anciennes cartes depuis le 19<sup>e</sup> siècle)
- enquêtes auprès des personnes âgées, résidents,...) ;
- recherche bibliographique ;
- interprétation dendrologique lorsqu'il existe des formations arborées.

Pour un historique par type d'activités (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 (en particulier l'influence de la politique de remembrement) ;
- le nombre de demande d'ouverture d'installations classées auprès de la DRIRE ;
- les demandes d'autorisation de travaux et d'aménagements hydrauliques en amont du site (barrages, drains,...), de prélèvements dans la nappe, de rejets, etc.



### Exploitation des résultats

Différents types de cartes sont réalisables soit manuellement, soit à l'aide de logiciel de dessin ou encore de 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 des sols actuelle 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 présentant l'évolution géomorphologique de cours d'eau (cf. fiche tech. "géomorphologie") ;
- cartes synthétiques retraçant l'historique de l'occupation des sols, toutes activités confondues ou par type d'activité,

Les photographies aériennes obliques à basse altitude (avion, hélicoptère) permettent une connaissance fine de l'occupation des sols, mais elles constituent une base de cartographie plus délicate à utiliser que les photographies verticales de l'IGN.



La réalisation de ces cartes à intervalles réguliers 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 (réduction de la superficie de la zone humide, pollutions ponctuelles par rejets ou pollutions diffuses par ruissellement, extension d'une zone touristique, etc.).

Les protocoles doivent être bien définis avec un système hiérarchique qui permet une comparaison possible entre deux observations. Pour cela, la nomenclature doit être claire et fine.

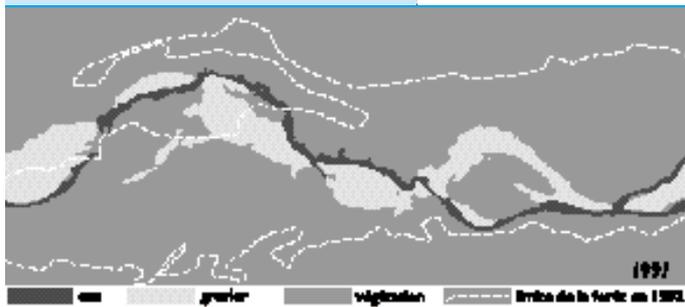
En fonction de l'indicateur visuel choisi, la taille de l'unité cartographiée doit être comparable d'une campagne à une autre.

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, sa pente, sa morphologie, ... 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, des lagunes et marais pour l'évaluation du degré de confinement, cf. fiche technique).

La carte d'occupation du sol peut aussi expliquer une situation actuelle ou orienter un programme de suivi comme par exemple :

- un suivi spécifique des pesticides dans l'eau en cas d'intensification de l'agriculture environnante ;
- un suivi des zones inondées après des endiguements et/ou des remblaiements sur des annexes fluviales 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 une zone humide et l'ensemble d'un bassin versant, qui peut être très étendu. Mais il appartient au gestionnaire de s'informer sur les politiques d'aménagement et de gestion de l'espace qui seraient définies à un niveau départemental, voire régional et qui pourraient interférer sur les conditions d'existence ou de préservation d'une zone humide.



L'analyse des photographies aériennes montre le resserrement de la bande de divagation de la Drôme dans les Ramières.

## Déclinaison selon les types de zones humides

### [ TYPE 3 ]

#### Marais littoraux et lagunes

Le renouvellement régulier de la carte d'occupation du sol pour ces milieux permet :

- une évaluation de la pression touristique et de l'urbanisation ;
- une évaluation des rejets diffus ;
- de suivre l'évolution des surfaces en eau (atteintes par morcellement).

Le degré de confinement peut être évalué en calculant les apports d'eau de ruissellement du bassin versant (cf. fiche technique "confinement").

En fonction du type d'occupation du sol dans le bassin versant, sont aussi évalués les flux de pollutions diffuses (utilisation d'abaques, domaine de la recherche).

**[ TYPES 5-6 ]****Zones humides de plaines alluviales**

Le renouvellement régulier de la carte d'occupation du sol pour ces milieux permet :

- de définir les dimensions du chenal d'étiage, du lit mineur, du lit majeur, des zones de tressages, de méandrage et de l'espace de liberté ;
- de déterminer les indices géomorphologiques (cf. fiche technique géomorphologie) ;
- de suivre les zones endiguées et les différents aménagements fluviaux ;
- de suivre l'évolution de la végétation aquatique ;
- de connaître la pression agricole, la déprise agricole (enrichissement), la pression urbaine et foncière, la pression liée aux extractions.

Dans la mesure du possible, une cartographie des zones inondées doit être faite à chaque épisode de crue pour évaluer l'état du fonctionnement hydrique de la zone humide étudiée.

**[ TYPE 7 ]****Marais et landes humides de plaine**

L'établissement de la carte d'occupation du sol permet de définir la pression foncière et le type de gestion agricole (abandon, enrichissement) portant atteinte au bon fonctionnement de ces zones humides.

**[ TYPE 8 ]****Régions d'étangs**

L'établissement de la carte d'occupation du sol permet de définir :

- le nombre des étangs et leurs interconnexions éventuelles ;
- l'assolement agricole (cultures, prairies) à leur périphérie ;
- les grandes unités de végétation aquatique.

**[ TYPE 9 ]****Bordures de plans d'eau**

La pression foncière et les modifications des surfaces en eau sont deux éléments à suivre dans l'occupation du sol.

**[ TYPE 10 ]****Zones humides de bas fonds en tête de bassin**

La pression touristique, l'évolution des surfaces en eau et le type de gestion agricole (abandon) sont évaluées à chaque réalisation de carte d'occupation du sol. L'examen des données de Corine Land Cover sont particulièrement utiles pour déterminer l'occupation végétale du sol sur de grandes surfaces.

**[ TYPE 13 ]****Zones humides artificielles**

L'évolution des surfaces en eau et l'indice de sinuosité sont deux éléments à étudier particulièrement lors de la réalisation des cartes d'occupation du sol. L'évolution de la surface en eau lors des crues dans des carrières liées au cours d'eau permet de déterminer l'importance de ces zones pour l'étalement de la crue.



■ Structure

 Patrimoine

Types de zones humides : toutes

■ Fonctionnement

 Valeur

Échelle d'observation : locale et étendue

### D é f i n i t i o n

L'hydrologie se définit comme l'étude du cycle de l'eau et l'estimation des bilans de flux d'eau. L'hydrologie au sens large regroupe :

- la climatologie (apports d'eau météoriques et évaporations), non abordée dans cette fiche ;
- l'hydrologie de surface (débits écoulés et eaux de ruissellement), objet de cette fiche ;
- l'hydrodynamique des milieux non saturés, pour les échanges entre les eaux de surface et les eaux souterraines, non abordée en détail dans cette fiche ;
- l'hydrodynamique souterraine, non abordée dans cette fiche (voir fiche 4 "niveaux d'eau").

Mesure de débit : le débit est le volume liquide qui passe à travers une section déterminée par unité de temps. On l'exprime généralement en mètres cubes par seconde ou en litres par seconde. Il dépend de la taille du bassin versant amont (surface topographique concernée par les écoulements) et généralement il varie énormément avec le temps en fonction de la pluie et de la saison (évaporation).

L'estimation du volume des eaux écoulées dans un bassin versant est développée succinctement en fin de fiche.

### O b j e c t i f s

Le gestionnaire doit pouvoir faire un bilan des apports sur le site, apports pluviométriques, apports par la neige, apports par ruissellements, apports et prélèvements par les usages (irrigation, alimentation en eau potable, eaux pluviales,...), entrées d'eau par les tributaires et sorties d'eau aux exutoires, en s'appuyant sur la connaissance des débits des cours d'eau, des évaporations, des nappes, etc.

Ce suivi en bilan des apports permet :

- de connaître l'évolution des entrées, des circulations, des sorties d'eau et in fine des niveaux d'eau internes, constituant le régime hydrique de la zone humide ;
- de connaître les temps de séjour, importants pour l'eutrophisation ;
- d'apporter les éléments hydrologiques de base, indispensables pour une étude des flux trophiques ou de la géomorphologie d'un site ;
- de définir des mesures de gestion des sites, consignes d'ouverture ou de fermetures de vannages par exemple ;
- d'entamer une concertation autour d'actions concernant le bassin versant : les débits peuvent être des repères pour définir et gérer des débits réservés par exemple.

Cette étude des apports doit intégrer l'étude des niveaux et l'étude des crues (cf. fiches techniques). Les apports de matières sont plus délicats à estimer mais sont importants à prendre en compte dans les bilans trophiques (cf. fiches techniques niveaux trophiques en milieu lagunaire et hors milieu lagunaire).

### É l é m e n t s d e m é t h o d e

Dans de nombreux cas, le gestionnaire peut obtenir des informations sur l'hydrologie des cours d'eau qui alimentent la zone humide dont il a la charge ; les sources d'information dans ce domaine sont la DIREN (SEMA : banque Hydro), EDF, CNR,...

Si de telles données n'existent pas, il est possible de réaliser un bilan hydrologique à partir de mesures de terrain.

Différents moyens existent pour mesurer un débit. Le premier critère de choix est de savoir s'il existe ou pas des sections d'écoulements bien concentrées et stables pour y localiser les mesures.



### **Pour les sections non existantes**

En cas de section non existante (tourbière de dépression ou de résurgence de versant, par exemple), on peut installer un déversoir et mesurer le débit par volumétrie (technique dite du "seau"), au moins 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 le dégagement est trop faible pour pratiquer cette mesure au "seau", la mise en place d'un déversoir calibré en "V" offre une bonne précision sur une section aménagée, si possible en permanence. En effet, si la section ne peut recevoir que temporairement ce gabarit, il y a obligation d'attendre le "régime permanent", car la mise en eau des berges amont est souvent longue (voire impossible : fuites en berges "permanentes"), surtout en tourbières (Cemagref, 1989). De tels déversoirs s'implantent plus difficilement en amont de la tourbière, où des entrées diffuses existent sur de grandes longueurs, qu'en aval, où l'on peut souvent beaucoup mieux localiser une sortie concentrée.



### **Pour une section stable, si le débit est quasi-permanent\* et l'écoulement pas trop turbulent, on peut appliquer les méthodes suivantes :**

Remarque : dans ces méthodes, on explore en principe toute la section, mais le débit doit être quasi permanent\* et donc peut varier pendant la mesure.

#### *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 pour parcourir cette distance. Si la largeur le permet, et l'oblige, il faut différencier en position : rive droite, rive gauche, milieu, etc., avant de faire une moyenne. Un vent significatif interdit en principe le recours à cette mesure.

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 (Q), l'aire de la section mouillée (S) devra être évaluée par ailleurs.

Cette méthode est facile, de faible coût, adaptée à des vitesses plutôt élevées. A faible vitesse, les mesures sont très perturbées par le vent.

#### *Micromoulinet ou courantomètre (Cemagref, 1989)*

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 soit à pied - en cuissardes lorsque le tirant d'eau le permet, ou à partir d'une passerelle -, soit en bateau.

La section choisie doit être à filets liquides parallèles sans gros tourbillons ni remous dans un tronçon rectiligne. Les contre-courants, à éviter le plus possible, doivent être mesurés ; leurs débits partiels seront à soustraire. 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.

(\*) : en cas d'écoulement fortement variable dans le temps, comme lors de crues rapides, on appliquera les mêmes méthodes par "verticale", c'est-à-dire par tranche verticale de section (évidemment à localiser avec précision et stabilité) : ce sont les méthodes de jaugeage et de tarage dites "continues".



Dans la pratique, il faut mesurer les vitesses moyennes sur plusieurs verticales de la section, en plusieurs points par verticale (utiliser un coefficient de profil de vitesse si c'est impossible). Le débit par unité de largeur est calculé sur chaque tranche verticale ainsi mesurée. On en déduit le débit total en cumulant ces débits unitaires, sans oublier de compter négativement les éventuels débits à contre courant.

Cette méthode est facile, peu chère (acquisition ou location de l'appareil), bien adaptée à des débits faibles ou moyens.



### Pour des sections stables à écoulement très turbulents, sont applicables

#### Jaugeage par dilution, qualifié à tort de "chimique" (Cemagref, 1989)

Quand les méthodes de jaugeage traditionnelles ne peuvent être appliquées, par exemple en cas de lits trop irréguliers, il est possible d'injecter dans la rivière une quantité donnée d'un produit chimique (sel, iodure, colorants stables dont alimentaires, etc.) et de mesurer en aval la dilution afin d'en déduire le débit du cours d'eau.

Cette méthode, basée sur la conservation de la masse, est délicate à mettre en œuvre. Elle peut être coûteuse, les traceurs peu polluants étant chers.

#### Estimation du débit par la conductivité (Cemagref, 1989)

Pour reconstituer les débits lors d'un bilan, on peut utiliser les mesures de conductivité et le principe de conservation de la masse. Facile à faire et à exploiter, peu chère, cette méthode est rarement applicable, la conductivité étant peu représentative du débit.



### Exploitation des données observées localement

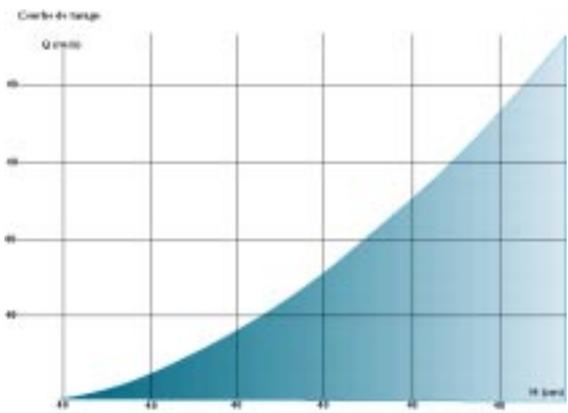
Les données recueillies peuvent être différemment analysées et exploitées suivant le nombre et la fréquence des observations recueillies. Elles ont vocation à permettre de suivre en temps réel le comportement hydrique de la zone humide (diagnostic), dans certaines limites de mieux maîtriser et gérer ce régime, et d'améliorer la qualité de l'importation locale des régimes hydrologiques régionaux de référence. Éventuellement ces mesures locales permettront, à terme, c'est-à-dire à partir d'une dizaine d'années d'observation, d'obtenir directement les régimes locaux et, progressivement, de ne plus se référer aux seuls régimes importés.

#### Courbe hauteur/débit

La réalisation de nombreux jaugeages en une même section, 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 (cependant, il y a une nécessité d'effectuer des contrôles périodiques par jaugeages pour avoir une bonne idée de l'évolution des débits dans le temps). Il est réalisé visuellement sur des échelles limnimétriques ou automatiquement par les limnigraphes. De nombreux points de jaugeages existent sur les linéaires de cours d'eau en France. Le service des eaux et des milieux aquatiques (SEMA) de chaque Direction Régionale de l'Environnement peut fournir, à coûts réduits, les données caractéristiques des stations de jaugeages. Ce service est accessible aussi par minitel ou internet.

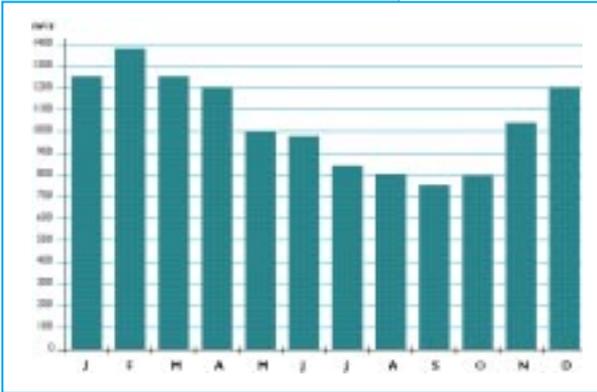
D'autres établissements possèdent leurs réseaux de suivi : les conseils généraux, les conseils régionaux, EDF, CNR, VNF, MISE, DDAF, CSP,...

L'utilisation des courbes hauteur/débit après les jaugeages précédents est facile et de faible coût.



**Station de Beaujeu**  
Code hydrologique : U4505010  
Cours d'eau : l'Ardières  
Courbe valable du 01/09/81  
au 31/12/99

Une courbe de tarage (ou hauteur-débit) permet au gestionnaire de déterminer le débit du cours d'eau à partir de la hauteur d'eau observée sur une échelle.



La connaissance des débits permet de mieux comprendre les variations d'alimentation en eau des zones humides au cours de l'année (le Rhône à Ternay).

### Exemples généraux de représentations des régimes issus de l'analyse de ces débits

À partir des données instantanées de débits, peuvent être calculées différentes valeurs caractéristiques des régimes hydrologiques. En stations hydrométriques disposant d'enregistrements continus de longues durées, on suit en principe l'ordre hiérarchique suivant :

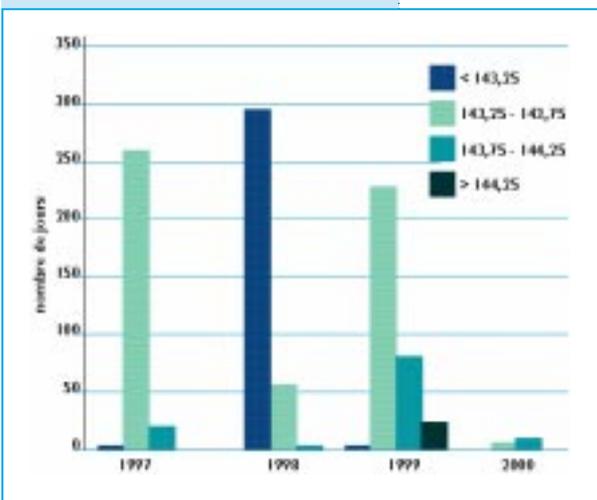
- le module  $mQA$  : moyenne interannuelle des valeurs du débit annuel  $QA$ , lui-même moyenne des débits dans une année, calculée sur des périodes d'au moins 10 ans, et réputée stabilisée à partir d'environ 30 ans, sauf dérive du régime par effets anthropiques ou climatiques ; il donne l'abondance moyenne du régime, et celle en années sèches et en années humides si on estime aussi les quantiles des  $QA$  (valeurs de probabilité faibles) ;
- les douze débits mensuels  $QMi$  (mois  $n^o$ ), en moyenne  $mQMi$  et éventuellement en quantiles (mois secs ou humides) ; ils donnent les répartitions saisonnières de l'abondance annuelle ;
- les modèles débits-durées-fréquences  $QdF$ , en crues ou en étiages, en volumes ou en seuils, en durées continues ou cumulées, et saisonnalisés si nécessaire ; ils donnent les valeurs minimales et maximales, en moyennes et en quantiles, sur toutes durées, depuis l'instantanée jusqu'aux durées saisonnières.

De ces représentations de synthèse caractéristiques des régimes hydrologiques, on peut extraire notamment les valeurs suivantes, souvent utilisées :

- des débits caractéristiques de crue : comme par exemple le débit instantané décennal, ou le débit dépassé 10 jours par an ou le mois/trimestre/semestre le plus fort. Ces grandeurs sont exprimées en volume ou en débit seuil, en valeurs dépassées sur des durées cumulées ou sur des durées continues, en temps réel et en quantiles de toutes probabilité, etc.
- des débits caractéristiques d'étiage : comme par exemple le minimum de 10 jours, exprimé le plus souvent en débit seuil et en continu, en temps réel et en quantiles de toutes probabilité ; ou le  $QMNA5$ , débit mensuel minimal dans l'année, quinquennal sec, dont la probabilité de non-dépassement est de 20 fois par siècle (20 %) ; à noter qu'un débit de type  $QMNA$  n'est pas daté en mois, le mois le plus sec pouvant varier d'une année à l'autre.

#### On rappelle que :

- la notion de débit est étroitement liée à celle de niveaux d'eau, qui sont les variables réellement structurantes du régime hydrique d'une zone humide ;
- on ne peut accéder à l'estimation des phénomènes extrêmes, c'est-à-dire des débits rares très forts ou très faibles, qu'après de nombreuses années d'observations, et il est toujours prudent de ne pas trop extrapoler en probabilités la distribution des valeurs mesurées au-delà de la durée des observations ;
- l'avantage essentiel de l'appel aux données hydrologiques régionales est que celles-ci sont consolidées par l'exploitation croisée de nombreuses informations externes (hydrologiques, climatiques, nombreuses stations) ; en les important sur un site non observé, on perd un peu en adéquation aux spécificités du lieu, mais on gagne en représentativité à moyen et long terme, et donc en régime ;
- si des observations locales sont entreprises, les faiblesses de l'adéquation aux conditions locales des modèles de régimes importés sont progressivement gommées.



À l'île du Beurre (Rhône), le suivi des niveaux permet de constater que les fluctuations du fleuve sont très réduites par l'aménagement hydroélectrique. Les communautés végétales doivent s'adapter à cette situation.



### Estimation des volumes écoulés

#### Méthodes et références régionales

Le SEMA de la DIREN peut le plus souvent fournir les méthodes, sous forme de manuel ou de logiciel, et les résultats régionaux, c'est-à-dire les régimes complets ou les caractéristiques partielles, destinés à être importés sur la zone humide. Idem pour les Atlas des Agences de l'eau (annexes SDAGE). À défaut, on pourra interroger la banque HYDRO qui permet d'accéder à ces régimes, et au moins à un grand nombre de leurs caractéristiques. Par exemple les modèles débits-durées-fréquences QdF n'y sont domiciliés que sous la forme de quelques caractéristiques, la plupart du temps suffisantes. À défaut, on utilisera les références générales suivantes :

- **Apports annuels** : un guide méthodologique (Loi Pêche) du MATE permet d'estimer les modules mQA. L'importation sur le site exige de connaître notamment l'aire du bassin versant et la pluie annuelle moyenne mPA. La connaissance de la température annuelle moyenne mtA permet, via la formule de Turc, d'estimer les apports en années sèches ou humides, si les températures annuelles de telles années sont disponibles (cf. nombreux ouvrages sur le Climat de la France). Le transfert sur le site de la zone humide se fait pour l'essentiel en débits dits "spécifiques", proportionnels à l'aire des bassins. Au fil des ans, les observations locales permettent d'affiner ces importations, et de corriger les éventuels effets d'échelles : bassins de zone humide souvent petits, bassins de ces références régionales souvent grands.
- **Répartition saisonnière des apports** : si le SEMA, les Agences, ou la banque HYDRO ne fournissent rien, on peut exploiter la formule de Turc à l'échelle mensuelle. Des cartes commencent à exister dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse (cf. groupe Gewex-Rhône, AERMC et Cemagref).
- **Etiages et QdF étiages** : au-delà du jeu de valeurs donné par HYDRO, de nombreux régimes d'étiages de référence sont disponibles dans des rapports concernant les bassins de la Loire, de la Moselle, RMC (cf. MATE, Agences et Cemagref), etc. Les méthodes sont décrites dans ces rapports (Galéa, Mercier et Adler, 1999). Cependant, les spécificités hydrogéologiques locales de la zone humide exigent fréquemment que des jaugeages d'étiage soient effectués localement en complément des approches régionales (au minimum 3 à 6 jaugeages par an pendant au moins 1 à 4 années).
- **Crues** : cf. fiche spécifique.

### [ TYPE 3 ]

#### Marais littoraux et lagunes

Le bilan hydrique d'une lagune dépend de trois facteurs : les apports d'eau douce en provenance de son bassin versant, les échanges avec la mer et les pertes par évaporation. L'évaporation peut être un paramètre majeur à connaître dans les bilans des apports pour de petites surfaces. Les apports d'eau douce par les cours d'eau, qui comprennent des eaux de ruissellement, sont d'autant plus importants qu'ils conditionnent, avec les entrées marines, le degré de confinement de ces milieux. Une première approximation de ce degré de confinement peut d'ailleurs être faite par le rapport "volumes d'apports du bassin versant/volume de la lagune" (cf. fiche technique "confinement"). Des modèles hydrodynamiques, du domaine de la recherche, sont développés pour comprendre comment se combinent les flux d'eau douce et les flux d'eau marine dans le fonctionnement de ces zones humides.

Une mesure simple de la valeur de la salinité inter et intra annuelle donne une bonne idée des apports d'eau douce.

Le tableau de synthèse suivant récapitule les influences respectives des marées et des vents sur les flux hydriques et la structure des lagunes (IARE, Cemagref 1994).

■ Influence de la marée	■ Influence du vent
importante au niveau des échanges	importante sur l'ensemble de la lagune
importante dans les lagunes peu profondes	prépondérante dans toutes les lagunes de superficie suffisante
décroissante au-delà de points de contact	découpage hydrodynamique de la lagune
transport horizontal des masses d'eau	diffusion turbulente et redistribution verticale
ensemencement biologique	apport d'énergie turbulente
importance du rôle saisonnier des échanges avec l'extérieur	impact aléatoire dépendant de l'intensité et de la durée du coup de vent d'une part, de la "cohérence" avec les processus biologiques d'autre part

### [ TYPES 5-6 ]

#### Zones humides de plaines alluviales

Les cours d'eau sont fondamentaux pour ces zones humides, qu'ils alimentent en eau et dont ils règlent généralement le niveau des nappes phréatiques. Le suivi des débits s'avère donc indispensable pour le gestionnaire ; il permet de comprendre le fonctionnement normal du milieu (rythme d'inondation ou d'assèchement), d'analyser la situation d'une année donnée (sécheresse,...) ou de détecter des dérives (baisse de l'alimentation en eau du fait d'aménagements hydrauliques à l'amont).

### [ TYPE 7 ]

#### Marais et landes humides de plaines

Les pentes généralement très faibles de ces milieux rendent difficile la délimitation de leur bassin versant propre. Il n'ont souvent aucune connexion directe à un cours d'eau exogène, mais sont concernés principalement par des remontées de nappe phréatique, d'origine éventuellement exogène. Un bilan hydrologique n'est pas aisé, mais le régime en cotes est rapidement accessible après quelques années d'observations, et les mesures épisodiques de cotes (hebdomadaires à mensuelles, avec mouchards d'extrêmes) y sont souvent suffisantes.



### [ TYPE 8 ]

#### Régions d'étangs

Outre les apports d'eau par la pluie directe et le bassin versant propre, existent souvent des apports par un chenal d'alimentation artificiel.

Dans le cas d'un étang isolé hydrauliquement du chenal par un vanage, le calcul des débits artificiels de ce chenal est important pour connaître le temps de renouvellement des eaux en période de vidange.

Dans le cas d'un étang aquacole en communication constante avec un chenal, par déversement permanent par exemple, le gestionnaire doit connaître le temps de renouvellement des eaux de l'étang, donc le débit d'arrivée d'eau du chenal, pour pouvoir doser les apports en éléments nutritifs.

### [ TYPE 9 ]

#### Bordures de plan d'eau

Ces milieux sont complètement commandés par l'hydrologie du plan d'eau, dont le régime a les mêmes composantes qu'une zone humide ordinaire : bassin versant propre, éventuelles connections à un cours d'eau exogène, nappes liées ou non aux deux composantes précédentes.

### [ TYPE 10 ]

#### Zones humides de bas fonds en tête de bassin

L'alimentation en eau de ces zones humides ne provient que des écoulements dans un petit bassin versant, et des précipitations. Ces dernières représentent même la totalité des apports en eau dans certaines tourbières (dites ombrotrophes).

Il est important d'évaluer la part respective de ces différentes alimentations, qui conditionnent le fonctionnement du milieu ; cette étude doit être basée sur des mesures de débits, mais aussi sur la connaissance des niveaux de nappe, la pluviométrie, ... Un bilan hydrique peut être important pour évaluer les effets du drainage, et donc les mesures de restauration à prendre.

### [ TYPE 13 ]

#### Zones humides artificielles

L'alimentation en eau est importante pour les retenues et les carrières en eau.

Le bilan hydrologique d'une retenue est lié à la gestion du barrage lui-même, donc à des paramètres de gestion hydrologiques définis.

Pour les carrières en eau, différentes configurations sont possibles. Certaines carrières ne sont pas du tout liées à un cours d'eau, d'autres le sont totalement. Dans ce cas-là, le réaménagement et la gestion des carrières en eau doit intégrer le fonctionnement hydrologique du cours d'eau. Celui-ci permet de connaître à partir de quelle valeur une inondation de la carrière a lieu. La gestion de la fréquentation et des différents usages de l'eau dans la carrière dépendent alors étroitement de l'hydrologie.

## POUR EN SAVOIR PLUS

- **AERMC**, 1995. *Synthèse descriptive quantifiée de la ressource en eau superficielle en RMC Cemagref et groupe GEWEX-Rhône. (méthodes, résultats importables, ensuite contrôle/correction progressifs, dont effet d'échelle, au fur et à mesure de la disponibilité des observations locales).*
- **Cemagref**, 1989. *Guide pratique de l'agent préleveur.*
- **Cemagref de Montpellier IARE**, 1994 : *recherche d'indicateurs de niveaux trophiques dans les lagunes méditerranéennes.*
- **Ouvrage collectif**, 1996. *Aménagement et gestion des rivières, volume 2, Cahier technique du GRAIE.*
- **Cemagref Lyon**, 1996. *Rôle et intérêt de zones d'écrêtement des crues. La Houille blanche n°6/7.*
- **Michelot J.L., Malavoi J.R.**, 1999. *Travaux post-crues, bien analyser pour mieux agir. GRAIE.*
- **MATE**, 1988. *Estimation du module d'un cours d'eau selon les données locales disponibles. Cemagref, MATE/DPN/SPHB (méthode, adaptable aux faibles surfaces de bassin pour une première estimation, contrôle/correction progressifs au fur et à mesure de la disponibilité des observations locales).*
- **Cemagref, groupement de Lyon** 6-8 septembre 1999. (méthode de construction des coefficients d'importation de régimes d'étiages régionaux).
- **I.N.M.H. - Bucarest, Roumanie** / *Revue des Sciences de l'Eau*, 12/1 (1999) 93-122. (méthode, résultats importables sous la condition expresse de coefficients d'importation estimés à partir des jaugeages d'étiages locaux).



■ Structure

 Patrimoine

Types de zones humides : toutes

■ Fonctionnement

 Valeur

Échelle d'observation : locale

## D é f i n i t i o n

Le fonctionnement et le caractère patrimonial des zones humides sont très liés aux niveaux d'eau. Pour les eaux superficielles, on parlera de profondeur ou hauteur d'eau. Pour les eaux souterraines de hauteur ou niveau piézométrique.

Ces niveaux connaissent des fluctuations qu'il est indispensable de bien connaître et comprendre.

Dans un cours d'eau, les écoulements relativement rapides donnent à l'énergie cinétique un rôle prépondérant. La hauteur d'eau est en étroite relation avec le débit.

Dans une nappe souterraine où les écoulements sont généralement beaucoup plus lents (retenons 10 000 fois plus lents) c'est l'énergie potentielle qui est déterminante (d'où le terme de "piézométrie" pour accéder au niveau).

## O b j e c t i f s

Le suivi des niveaux permet :

- de connaître les conditions de développement des communautés vivantes (alimentation des plantes par la nappe, profondeurs disponibles pour les poissons,...) ;
- de connaître le résultat utile du bilan des apports en eau pour les zones humides et la végétation associée ;
- de mieux apprécier les flux et échanges d'eau et donc le fonctionnement de la zone humide dans la gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant ;
- de connaître le fonctionnement de la zone humide face à des actions extérieures d'origine naturelle (crue, évapotranspiration, étiage sévère) ou anthropique (prélèvements,...) ;
- d'estimer et contrôler les volumes d'eau utilisables pour d'éventuels usages (l'alimentation en eau potable, les loisirs, et les autres usages).

## É l é m e n t s d e m é t h o d e

### Méthodes ■



#### **Les eaux souterraines**

Le suivi des niveaux de nappe permet de connaître les circulations 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 déjà existants.

#### *Qu'est ce qu'un piézomètre ?*

Un piézomètre est un tube, en PVC par exemple, 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).

### Comment mesurer le niveau d'eau une fois le piézomètre installé ?

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 ou autre matériau ;
- un décimètre 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 au contact de l'eau (coût moyen) ;
- un compteur 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 effectuée ;
- une sonde de pression reliée à un limnigraphe enregistreur (limnigraphe mécanique à flotteurs, limnigraphe avec platine d'enregistrement, limnigraphe avec sonde de pression) ;
- un capteur de pression relié à une centrale d'acquisition, permettant de réaliser des mesures en continu automatiquement.

La cote du niveau d'eau 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.



### Les niveaux d'eau de surface

Les niveaux d'eau de surface sont en général en étroite relation avec les débits et les crues (cf. fiches techniques correspondantes). Pour surveiller et connaître le niveau des eaux de surface, le gestionnaire doit mettre en place une ou plusieurs mires limnimétriques dites échelles limnimétriques indiquant une cote relative ou absolue, ou utiliser des échelles déjà existantes. Les mesures visuelles sont instantanées par simple lecture du niveau d'eau sur ces mires. Les limnigraphes enregistreurs permettent des mesures en continu.

N.B. : sur un site étendu, le suivi peut être mené d'une part de façon continue grâce à un ou plusieurs limnigraphes, et en d'autres points de façon discontinue grâce à des mires limnimétriques faciles d'accès ou lisibles instantanément de loin avec des jumelles, par exemple.

## Programme ■ de suivi



### Eau souterraine : où implanter des piézomètres ?

L'aide d'un hydrogéologue est recommandée dans la mesure où le suivi doit être long et les piézomètres nombreux (investissement en temps et en argent assez lourd).

L'implantation doit se faire dans des lieux en théorie "stratégiques" et pratiques.

- en fonction de la connaissance du gestionnaire : identification des différentes unités hydrauliques, connaissance du fonctionnement des différentes zones humides et cours d'eau situés sur le site ;
- en fonction des connaissances en hydrologie déjà acquises.

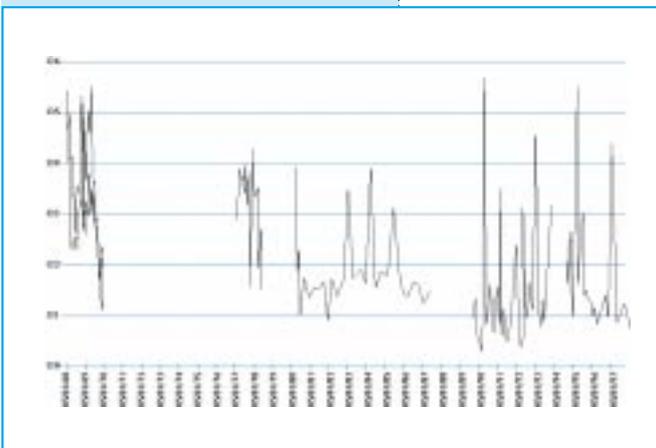
Les cartes piézométriques de la région quant elles existent, situent le sens d'écoulement et peuvent contribuer à cette implantation.

Par exemple :

- une série de piézomètres peut être installée entre un marais et un cours d'eau pour connaître les relations hydrauliques (alimentation ou drainage) existant entre marais et cours d'eau ;



Trois systèmes de suivi des niveaux d'eau : échelle limnimétrique (en arrière plan), piézomètre (droite), piézomètre équipé d'un enregistreur (gauche)



Exemple d'un suivi des niveaux de nappe phréatique (île de la Platière)



## Niveaux d'eau

*Suivre les fluctuations des eaux de surfaces et souterraines*

- pour connaître les fluctuations de la nappe dans une tourbière ou un marais déconnecté, l'implantation d'un piézomètre peut s'avérer suffisante.

Le piézomètre doit être protégé de toute intrusion d'eaux de surface pour éviter les pollutions dans la nappe. Il existe des réseaux de suivi piézométrique (DIREN, BRGM, conseils généraux, syndicats intercommunaux,...). De plus la banque de données du sous-sol du BRGM peut s'avérer utile pour connaître l'implantation d'ouvrages, des chroniques anciennes de relevés piézométriques. Une banque de données ADES, accès aux données sur les eaux souterraines, est en cours de réalisation, à l'initiative du MATE.



### **Eau de surface : où planter les mires ou les échelles ?**

Il faut identifier au préalable les différentes unités hydrauliques et les communications éventuelles entre elles : différents plans d'eau peuvent être en contact pendant une période de l'année et déconnectés à d'autres périodes, un plan d'eau peut être horizontal en étiage (vitesses nulles à faibles) et à pente en crues (vitesses significatives).

Le site d'implantation de la mire ou du limnigraphe doit être bas pour qu'en période de sécheresse le niveau d'eau ne soit jamais inférieur aux capacités de mesure de l'appareil, et haut pour n'être jamais dépassé en période de crue.

Si les vitesses peuvent être fortes, il est préférable de mettre la mire à l'abri,... sous réserve que le niveau observé reste représentatif. Des "tâtonnements" sont souvent nécessaires avant de trouver les bons emplacements, et les doublons sont recommandés quand on change de site : continuer l'ancien encore un certain temps après que le nouveau ait démarré, pour quantifier la liaison et ne pas perdre les données anciennes.

Des mouchards de cotes extrêmes (échelles dites à maximum et à minimum) complètent utilement les relevés épisodiques manuels, et permettent aussi de mieux contrôler les enregistrements.

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.



### **À quelle fréquence de relevés ?**

Elle va dépendre de l'objectif du suivi. La hauteur d'eau de surface ou souterraine peut s'avérer être un facteur déclenchant pour une série d'actions (alerte) : par exemple, à partir d'une certaine cote, un vannage ou une prise d'eau sont manoeuvrés.

En parallèle du suivi des piézomètres, le gestionnaire peut lire la hauteur d'eau superficielle ponctuellement sur une mire ou une échelle sur différents sites. Ainsi, le suivi des niveaux de surface contribue à la connaissance du régime hydrologique. Il permet par comparaison avec les niveaux piézométriques d'en déduire les secteurs alimentés et les secteurs drainés par le réseau de cours d'eau, fossés, rivières,...

#### *Mesures ponctuelles*

Dans les piézomètres, le gestionnaire peut réaliser un suivi régulier des piézomètres avec une seule sonde selon un rythme hebdomadaire à mensuel, auquel s'ajoute le suivi d'épisodes particuliers (crues, sécheresse, vent exceptionnel, prélèvement nouveau, arrêt de pompage, lâcher de barrage,...).

#### *Mesures en continu*

Lors d'un suivi d'actions menées sur le site, la période peut être très rapprochée entre deux mesures, de quelques secondes à quelques heures : ouverture/fermeture de vannages, augmentation du débit réservé du cours d'eau voisin, fermeture de drains,... Dans ce cas-là, une mesure en continu peut s'avérer utile.

Des enregistreurs permettent sur un nombre limité de sites équipés de piézomètres ou de limnigraphes d'obtenir des mesures en continu de hauteur d'eau souterraine ou de surface.



## Exploitation des résultats

L'exploitation des données brutes produit des courbes donnant la chronique de l'évolution des niveaux et le cas échéant la tendance.

Effectuer les mesures de hauteur d'eau souterraine ou de surface n'est pas une opération difficile, mais l'exploitation de données de base de qualité peut donner une information complexe à interpréter : par exemple, la cartographie des isopièzes (lignes 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, ... L'aide de spécialistes est fortement recommandée pour ces interprétations.

Plusieurs campagnes synchrones sont indispensables pour une interprétation pertinente. Une enquête à la banque du sous-sol (BRGM), à la banque Hydro (DIREN) ou encore la banque Pluvio, peut contribuer à avoir une vision régionale des milieux.

L'exploitation des données doit avoir lieu en corrélation avec les événements climatiques et de gestion du site (ouverture/fermeture de vannage, pompage etc.). 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 peut être comparée à celle d'un piézomètre voisin. En cas de parallélisme des courbes, on peut déduire que les liens nappe/cours d'eau sont forts et vérifier que le piézomètre n'est pas colmaté.

## Déclinaison selon les types de zones humides

### [ TYPE 3 ]

#### Marais littoraux et lagunes

Dans les lagunes, la profondeur de l'eau est un paramètre structurant très important.

Le suivi de la hauteur d'eau par un marégraphe permet de connaître les flux d'entrées marines qui conditionnent le degré de confinement de la lagune (cf. fiche technique confinement).

Des piézomètres peuvent permettre de situer le biseau salé.

### [ TYPES 5-6 ]

#### Zones humides de plaines alluviales

Les niveaux d'eau souterraine et de surface, souvent proches, sont étroitement liés au niveau des cours d'eau de la plaine alluviale. Ils peuvent se différencier si des apports importants ont lieu par les versants, ou si le fond des cours d'eau est très colmaté. Un suivi des débits des cours d'eau et de la piézométrie des nappes associées est indispensable dans la gestion de ces milieux humides.

Connaître les variations de la nappe et du cours d'eau associé sur une longue période s'avère utile. Ceci permet par exemple d'observer les baisses éventuelles de niveau d'eau de surface au sein de la zone humide et de comprendre l'origine du dépérissement de la forêt alluviale. Un diagnostic sera d'autant plus précis que la période d'observations sera longue. Les fréquences d'inondation de ces milieux sont un facteur très important de leur fonctionnement. Les niveaux d'eau peuvent permettre de quantifier le rôle d'expansion des crues ou de soutien des étiages de ces milieux.

### [ TYPE 7 ]

#### Marais et landes humides de plaines

Ces milieux déconnectés des cours d'eau ne sont concernés que par les remontées de la nappe phréatique, les sources, les eaux de ruissellement. La gestion de ces milieux passe obligatoirement par une connaissance des variations de la hauteur d'eau, souvent souterraine mais aussi superficielle en phase humide et de crue.



## [ TYPE 8 ]

**Régions d'étangs**

La gestion des niveaux d'eau de surface dans les étangs conditionne la gestion hydraulique des chenaux (ouverture ou fermeture de vannages par exemple), peu ou prou perturbée par les apports venus du bassin versant propre de la zone et l'évapotranspiration.

En absence de toutes ouvertures de vannes et d'influence climatique significative, une baisse du niveau d'eau peut être indicatrice de fuite inconnue de l'étang.

Pour les roselières, la présence de colonies de hérons pourprés est un bon indicateur d'alimentation en eau. Cette présence signifie qu'elles sont bien alimentées en eau au printemps ; les roselières présentent donc une bonne espérance de vie.

## [ TYPE 9 ]

**Bordures de plan d'eau**

En fonction du niveau d'eau, une succession végétale particulière s'installe sur les bordures du plan d'eau.

Connaître les variations de niveau du plan d'eau (niveaux moyens annuels, mensuels) est important dans le cadre de la gestion et des actions envisagées pour les végétaux.

## [ TYPE 10 ]

**Zones humides de bas fonds en tête de bassin**

Le suivi de la piézométrie dans les tourbières ombrotrophes et du niveau d'eau de surface dans les tourbières minérotrophes permettent de comprendre la variabilité des différents flux hydriques et leur saisonnalité. Les actions de restauration et de gestion de ces milieux doivent être établies sur un suivi régulier de ces niveaux. Des échelles limnimétriques dans les lits d'écoulements souvent présents (lits, fossés, mares,...) permettent les différenciations avec les niveaux de la nappe, surtout si le bassin versant propre a des crues significatives et plus rapides que celles de la nappe.

## [ TYPE 13 ]

**Zones humides artificielles**

Dans le cadre d'une retenue, le niveau d'eau de surface est lié à la gestion du barrage lui-même. Il est donc généralement connu. Connaître les conditions de marnage de la retenue est indispensable.

Pour les carrières liées à un cours d'eau, les niveaux d'eau de surface et souterraine permettent de connaître les relations hydrauliques de la carrière et du cours d'eau.

Pour les autres carrières en eau liées à une nappe d'eau, le suivi piézométrique permet de connaître les variations de niveau de la nappe, parallèlement aux variations du niveau d'eau de surface dans les carrières.



■ Structure

□ Patrimoine

■ Fonctionnement

■ Valeur

Types de zones humides : l'ensemble des zones humides peut connaître des inondations, liées à différents mécanismes. Les lagunes peuvent recevoir les crues des affluents, ou des intrusions d'eau marine (tempêtes,...) ; les marais, étangs et tourbières sont inondés par accumulation d'eau de pluie ou affleurement de la nappe. Les zones alluviales, certains marais et zones humides artificielles peuvent être soumis aux crues d'un cours d'eau. Certaines zones humides sont peu soumises aux crues, du fait d'un contrôle artificiel des niveaux d'eau (étangs, retenues, lacs).

Échelle d'observation : locale et globale

### D é f i n i t i o n

Les crues correspondent à une augmentation de débit du cours d'eau sous l'influence des phénomènes météorologiques (pluies abondantes, fontes de neiges,...). Leur conséquence est une élévation 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 sont estimables grâce aux régularités régionales qui émergent quand les pluies deviennent fortes. Elles sont un phénomène naturel et 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 permet aussi d'atténuer les débits maxima en aval (écrêtement).

### O b j e c t i f s

L'étude des crues dans une zone humide a pour principaux objectifs :

- 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 matières et d'eau) ;
- faire un bilan des matières en suspension qui se déposent ;
- connaître l'impact morphologique de la crue (cf. fiche technique "morphologie") ;
- 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, leur fréquence, la hauteur d'eau en différents points, les durées de submersion ;
- les caractéristiques de la crue : intensités et durées (forme des hydrogrammes).

Le débordement d'un cours d'eau dans son lit majeur est bénéfique aux annexes fluviales et peut être sans gravité tant que ce lit reste naturel ou faiblement occupé par l'homme. Toutefois, si le lit majeur 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 zones humides amont permettant un étalement de la crue peuvent jouer un rôle "protecteur" très important pour des zones anthropisées aval.



### Méthode



Les crues constituent des épisodes de fortes fluctuations des niveaux d'eau, que cette eau provienne de la nappe, des précipitations ou d'une rivière. Les méthodes de suivi général des flux hydriques fournissent donc des indications indispensables à la connaissance du système hydraulique (voir fiche niveaux d'eau).

Certaines méthodes d'analyse sont toutefois spécifiques aux crues et inondations.

### Observations

La meilleure méthode d'étude est naturellement le suivi des crues et de leurs conséquences sur le terrain. Il s'agit d'évaluer les conséquences de chaque crue, qui pourront être reliées aux données hydrologiques généralement disponibles (débit, fréquence de l'événement,...).

Dans la mesure où les crues constituent souvent des phénomènes peu réguliers et rapides, il est important pour le gestionnaire de se préparer à de tels événements (mise en place de protocoles).

### Observations en crue

Des observations directes peuvent être très riches, mais parfois difficiles (accès, danger,...). Un survol du site (hélicoptère, ULM,...) peut s'avérer très utile.

Ce survol peut donner lieu (si les conditions le permettent) à une campagne de photographies aériennes en veillant à obtenir des photos géoréférencées en vue de leur cartographie.

Certains relevés nécessitent un accès du site pendant l'épisode de crue : prélèvements pour analyse de l'eau (matières en suspension,...), relevés des heures de mises en eau d'annexes fluviales à relier avec les débits...

### Dispositifs de suivi

En des lieux stratégiques du site ou sur un quadrillage systématique peuvent être installés des systèmes simples indiquant après crue les niveaux atteints par la crue : perches peintes au blanc d'Espagne, tubes PVC perforés dans lesquels sont placés des "papiers sensibles" changeant de couleur au contact de l'eau (dénommés "échelles à maximum" dans les catalogues),...

### Laisses de crues

On appelle "laisses de crues" les signes sur le terrain du passage de la crue : dépôts de limons sur les arbres, mouvements sédimentaires, bois flotté, végétation couchée,... Une observation attentive de ces indices peu de temps après l'événement peut permettre une cartographie précise des zones inondées et des écoulements.



### Simulations

Un modèle mathématique hydraulique peut constituer un précieux outil de travail pour connaître le fonctionnement des crues, en particulier de forte intensité, sur un site.

Un tel modèle est établi à partir d'un relevé topographique précis, et de données sur le régime du cours d'eau (hydrogrammes,...). Les observations de crues in-situ sont très importantes pour recalibrer le modèle et lui donner une certaine fiabilité.

Les modèles peuvent fournir des simulations en débits, ou en cotes et vitesses, ce qui est plus important pour le gestionnaire.



Traces laissées par la crue



## Sources de données



L'observation des "laisses de crues" permet d'établir des cartes des surfaces inondées

- Des cartes existent ; on distingue :
  - la cartographie réglementaire élaborée dans le cadre des plans de prévention des risques (échelle 1/5 000 ou 1/2 000) disponible auprès des DDE, Services Navigations ou MISE ;
  - la cartographie "informative" que l'on trouve dans les atlas de zones inondables, études localisées ou tout autre document (photographie, cartographie régionale, études sur le Rhône,...) disponibles auprès des DIREN, de la CNR, de Syndicat mixte d'études sur certains cours d'eau,... Les échelles varient du 1/1 000 au 1/50 000.

Ces documents peuvent manquer de précisions et s'avérer inexploitable pour les gestionnaires en raison des échelles employées qui sont différentes selon les sources (du 1/50 000 au 1/2 000).

- Il existe aussi des campagnes de photographie aérienne. Ces photos sont disponibles auprès des DDE, DDAF, MISE etc.
- Les données hydrométriques sont disponibles dans la banque hydro alimentée par les SEMA des DIREN, EDF, CNR, services d'annonces des crues (SAC) des DDE. Des données plus ponctuelles sont disponibles auprès des SAC des DIREN ou auprès de la subdivision de Dijon de la DIREN Rhône- Alpes.
- En complément une enquête de terrain peut être réalisée auprès des habitants des zones inondées (résidents sinistrés, personnes âgées, responsables des services techniques municipaux,...).

### Exploitation des résultats

Suivant le type d'observations recueillies, les résultats peuvent se présenter sous de multiples formes, sous réserve de bien renseigner, en date sinon en fréquence, les débits de pointe concernés :

- 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 refaire pour plusieurs de ces cotes supposées de référence) ;
- une évaluation de l'écrêtement de la crue par le système considéré.

La réalisation de ces cartes à chaque épisode marquant de crues permet de suivre l'évolution de l'inondabilité du site et/ou des zones humides adjacentes 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 sont possibles grâce notamment à la pose de placettes, de pièges, de bouteilles-siphons et de turbidimètre pour l'estimation du taux de matières en suspension et de paniers, fosses ou préleveurs type Helley & Smith pour les mesures de transports solides. Ces calculs de flux de matières sont des éléments clefs de la dynamique fluviale car ils traduisent les conditions de sédimentation et d'érosion des milieux alluvionnaires et de leurs annexes.



Les relevés sur le terrain doivent donc être effectués si possible à chaque épisode de crue. On se référera à la fiche "Hydrologie de surface" pour les mesures de débits, tout en notant bien que les mesures en crues sont délicates, et en outre interprétables seulement à moyen et long terme contrairement aux mesures épisodiques en étiages.

L'importation du régime de crues peut se faire à tout moment (cf. fiche "Hydrologie de surface"), mais elle est recommandée dès le début, pour disposer d'une référence d'interprétation des observations et des diagnostics.

Les modélisations mathématiques citées peuvent être particulièrement pertinentes en cas de modifications des conditions hydrauliques du site ou de son environnement.

## Déclinaison selon les types de zones humides

### [ TYPE 3 ]

#### Marais littoraux et lagunes

Ces apports brutaux d'eau douce par les crues peuvent modifier le degré de confinement dans les lagunes et transformer totalement le taux de salinité dans un marais. Dans le cas d'exploitation aquacole de ces milieux, les variations de salinité doivent être étudiées avec attention sous réserve d'échec total de l'exploitation.

### [ TYPES 5-6 ]

#### Zones humides de plaines alluviales

Les périodes de submersion par les crues influent fortement sur la plaine alluviale (régénérations, comblements, exhaussements). La fréquence et la durée des périodes de submersions sont très importantes à suivre. Après chaque période de submersion, le gestionnaire doit aller sur le terrain et établir une carte des laisses des crues et de la sédimentation (épaisseur, granulométrie). La détection de changements dans ces paramètres peut être synonyme de modifications importantes dans le fonctionnement hydraulique de la zone humide.

Dans le cadre de programme de restauration hydraulique, l'étude des crues est complémentaire à l'étude des niveaux d'eau et de l'hydrologie.

On n'oubliera pas la contribution du bassin versant propre de la zone humide, parfois significative, et pouvant évoluer notamment en flux pollués.

### [ TYPE 7 ]

#### Marais et landes humides de plaines

Ces écosystèmes sont soumis à leur bassin versant propre, éventuellement réduit à leur impluvium direct. Ces milieux sont entièrement sous le régime hydrologique des apports en crues de ce bassin. Les observations de cotes extrêmes permettent de vérifier les hypothèses de régimes, et de déceler la part d'une nappe, éventuellement d'extension plus large, qui aurait un fonctionnement plus amorti que le bassin versant apparent de surface.

### [ TYPE 8 ]

#### Régions d'étangs

Les étangs sont peu concernés par les crues s'ils sont suffisamment perchés et dotés d'un système de contrôle des niveaux (canal d'amenée, vanne de sortie). Les crues fortes peuvent toutefois conduire à l'inondation des abords de certains étangs.

### [ TYPE 9 ]

#### Bordures de plan d'eau

Les bordures de plans d'eau subissent indirectement les crues dans la mesure où celles-ci augmentent le débit des cours d'eau et donc le niveau d'eau des plans d'eau en aval.

**Zones humides de bas fonds en tête de bassin**

Elles sont également sous le régime hydrologique des apports en crues de leur bassin versant propre. Les observations de cotes extrêmes permettent de vérifier les hypothèses de régimes, si elles peuvent être sommairement traduites en débits (tarage estimé à l'exutoire aval).

**Zones humides artificielles**

Les carrières en eau reliées à un cours d'eau sont des zones d'expansion possible des crues. La gestion de sites artificiels de ce type passe obligatoirement par un examen attentif des périodes d'inondations : fréquence, période et durée. Les barrages sont généralement suivis par leur gestionnaire.

**POUR EN SAVOIR PLUS**

- **AERMC**, 1995. Synthèse descriptive quantifiée de la ressource en eau superficielle en RMC Cemagref et groupe GEWEX-Rhône (méthodes, résultats importables, ensuite contrôle/correction progressifs, dont effet d'échelle via débits pseudo-spécifiques en crues, au fur et à mesure de la disponibilité des observations locales).
- **Michelot et Malavoi**, 1999. Travaux post-crues, bien analyser pour mieux agir. GRAIE, 23 p.
- **Cemagref Lyon**, 1996. Rôle et intérêt de zones d'écrêtement des crues. La Houille blanche n°6/7.
- **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.
- **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 Etudes du Cemagref n°21.
- **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.



■ Structure    □ Patrimoine    ■ Fonctionnement    ■ Valeur

Types de zones humides : Toutes zones humides exceptées les marais et lagunes côtiers (fiche technique spécifique niveau trophique des marais et lagunes)

Échelle d'observation : locale et globale

### D é f i n i t i o n

Le niveau trophique d'une zone humide est caractérisé par les concentrations en nutriments (formes de l'azote et du phosphore) dans l'eau, les sédiments et les matières en suspension. Suivant les périodes de prélèvements et le type de milieu, les zones humides peuvent être soumises à une eutrophisation accélérée de leur eaux.

### O b j e c t i f s

Deux principaux objectifs peuvent être recherchés :

- la caractérisation du niveau trophique d'une zone humide ;
- l'évaluation de la capacité autoépuration d'une zone humide.

Deux types d'analyses existent :

- les analyses physico-chimiques sur différents supports (l'eau, les sédiments, les matières en suspension, les bryophytes) ;
- l'utilisation d'indicateurs bioindicateurs.

Les analyses physico-chimiques sont précises, de coûts très variables et donnent une idée ponctuelle de la qualité du milieu. L'utilisation des bioindicateurs est souvent moins précise, intégratrice dans le temps et souvent moins chère. Parmi eux, les indices biocénotiques sont des outils de diagnose permettant de caractériser des pollutions ou des modifications physique de l'habitat. Ils présentent l'avantage de refléter l'état de l'ensemble de l'édifice biologique.

### É l é m e n t s   d e   m é t h o d e

#### Méthode ■

Comment choisir entre des analyses physico-chimiques et/ou l'utilisation de bioindicateurs? Tout dépend des objectifs attendus.

- Si le gestionnaire veut un bilan quantifié du niveau trophique dans le site, il doit faire des prélèvements pour des analyses physico-chimiques ;
- Si le gestionnaire veut connaître un état global du niveau trophique dans le site, il peut utiliser des bioindicateurs ;
- S'il souhaite connaître l'impact de la qualité du milieu sur les biocénoses aquatiques et/ou terrestres, il peut appliquer des méthodes d'analyses physico-chimique et utiliser des bioindicateurs.

L'utilisation des bioindicateurs peut s'avérer être très simple et moins onéreuse que des analyses physico-chimiques lourdes.

L'utilisation des bioindicateurs n'est pas encore souvent insérée dans un programme de "routine", de nombreux indicateurs sont encore au stade de la recherche. D'autres sont tout de même utilisés et reconnus ou bientôt reconnus au sein du Système d'Évaluation de la qualité biologique des Agences de l'Eau : IBGN, indices diatomiques, indices oligochètes.

Mais le SEQ Bio ne concerne que les cours d'eau. L'application à différents types de zones humides n'est pas souvent possible.



## Acquisition des données par analyses physico-chimiques

Des mesures peu onéreuses permettent d'avoir une première approche quant au niveau trophique du site : mesure de l'oxygène dissous dans l'eau (plus le niveau est riche en oxygène, plus son niveau trophique est bas), mesure de la transparence de l'eau (disque de Secchi), pH de l'eau, potentiel rédox dans les sédiments (Vives, 1996).

Des observations visuelles peuvent aussi orienter un pré-diagnostic : prolifération algale et dégagement d'odeurs nauséabondes sont signes d'un fort enrichissement du milieu en nutriments. A contrario, attention aux "faux amis" : une eau parfaitement claire n'est pas automatiquement pauvre en nutriments.

Pour effectuer un bilan des entrées et sorties en éléments nutritifs dans une zone humide les mesures doivent être effectuées sur un cycle de 12 mois, leur fréquence pouvant être réduite lorsque le modèle saisonnier est connu. Les concentrations en nitrates atteignent généralement un maximum en hiver, probablement en raison d'une diminution des taux de photosynthèse et de dénitrification.

Des analyses physico-chimiques en éléments nutritifs sur une année permettent d'établir ce bilan trophique, les principaux paramètres à chercher dans l'eau sont les suivants :

- azote organique dissous ;
- nitrates (NO<sub>3</sub>) ;
- nitrites (NO<sub>2</sub>) ;
- ammonium (NH<sub>4</sub>) ;
- orthophosphates (P-PO<sub>4</sub>) ;
- phosphore total (P-Tot) ;
- concentrations en phytoplancton (teneur en chlorophylle a et b).

Dans les sédiments, le phosphore total et l'azote total donnent une idée de l'évolution annuelle de la situation, ils varient avec la profondeur. Les variations saisonnières sont moins nettes dans les sédiments que dans l'eau (Vives, 1996).

### 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) en se procurant préalablement le flaconnage adapté.

Il est important de respecter un même protocole lors des différentes campagnes de prélèvements.

### Analyses des différents paramètres (Bouvier et al. 1996)

Les analyses peuvent être exclusivement réalisées par un laboratoire agréé si le gestionnaire ne dispose d'aucun matériel. Il est tout de même 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. Le coût initial de ces équipements ne les rend toutefois rentables que si 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 ?

Pour effectuer un bilan du flux de nutriments traversant une zone humide et sa capacité d'autoépuration, il faut se situer aux points d'entrée et de sortie des flux et mesurer les quantités et les mouvements d'azote et de phosphore dans et entre les différents compartiments (eau, sédiments, plantes).



## Niveaux trophiques

*Évaluer la richesse nutritive des zones humides*

### Eau de surface

#### Eaux stagnantes :

Prélever en différents points les plus représentatifs du site : zone la plus profonde, zone de mélange des eaux.

#### Eaux courantes :

Les échantillons sont prélevés dans des zones turbulentes bien mélangées au sein de l'écoulement naturel. Il faut commencer les prélèvements d'aval en amont, 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 le récipient dans l'eau soit manuellement, soit, en cas de profondeur, à l'aide d'un préleveur polyéthylène à usage unique ou dédié. 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

Les prélèvements s'effectuent à partir de piézomètres répartis sur le site ou de puits existants, à l'aide d'une pompe de surface manuelle ou mécanique ou bien d'une pompe immergée (suivant la profondeur du niveau dynamique dans le piézomètre). Le prélèvement s'effectue conformément à la norme ISO 5667-11.

Le flaconnage pour les prélèvements d'eau de surface ou d'eau souterraine :

Il est nécessaire de mettre les échantillons d'eau dans un flaconnage adéquat (il existe différents types de flaconnage en fonction des analyses), puis dans une glacière réfrigérée à l'abri de la lumière et les envoyer rapidement au laboratoire d'analyse.

### Sédiments

La profondeur des sédiments analysés devra être choisie en fonction des objectifs et des problèmes étudiés. L'enracinement des plantes submergées reste généralement superficiel et une profondeur de 10 cm est suffisante pour les analyses. Dans le cas de grandes profondeurs, il est préférable de prélever des échantillons à différentes profondeurs plutôt que de mélanger l'ensemble du profil.

La profondeur des sédiments concernés doit être clairement indiquée à chaque relevé.

### Interprétation

Les résultats peuvent être stockés sous une base de données ou un tableau. Les tableurs permettent une représentation graphique aisée des données. Des traitements statistiques multivariés sont quelquefois appliqués.

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 pour les eaux courantes (tableaux à demander aux Agences). Il peut être intéressant de comparer les valeurs du site avec d'autres disponibles dans des cours d'eau et/ou zones humides environnantes. Les DIREN, les Conseils Généraux, Conseils Régionaux, la CNR, EDF, ... possèdent des réseaux d'observation de la qualité des milieux naturels.

L'aide de spécialistes peut s'avérer indispensable pour certaines interprétations et la détection de tendances évolutives.

En cas de brusque variation de concentration ou pour l'analyse des données initiales, le gestionnaire doit examiner avec attention le site et son environnement immédiat et éloigné :

- y-a-t'il eu des manœuvres de vannages? Des modifications dans les débits?
- Quel type d'opérations de gestion a-t-il été mis en place sur le site?



Le pompage d'eau souterraine dans un piézomètre permet d'effectuer des analyses de qualité, par exemple sur les nitrates, facteurs d'eutrophisation



## Programme ■ de suivi

- De nouveaux rejets ont-ils été recensés?
- De nouvelles activités ont-elles été recensées sur le site ou dans sa périphérie?
- L'occupation du sol a-t-elle beaucoup évolué?
- Une pollution accidentelle dans le bassin versant a-t-elle eu lieu?
- Les conditions climatiques ont-elles été exceptionnelles (pluies intenses, vent,...) ?

Les analyses physico-chimiques peuvent être effectuées quel que soit le type de zone humide.

La fréquence des analyses dépend des objectifs du gestionnaire.

Pour effectuer un bilan quantitatif des nutriments dans la zone humide, des mesures mensuelles sur une année donnent une première idée de l'évolution annuelle des charges de nutriment. Après une année d'étude, la fréquence de prélèvement peut être affinée pour chaque site.

Des mesures peuvent avoir lieu tous les jours, voire toutes les heures ou minutes dans le cadre du suivi d'opération d'entretien ou de gestion :

- mesure hebdomadaire du taux de nutriments dans les eaux souterraines ou de surface après une période de pluies intenses pendant la fertilisation des cultures,
- suivi mensuel sur 5 ans (par exemple) du taux de nutriments dans les eaux de surface d'une zone humide suite à une opération de réhabilitation...



### **Les indicateurs biologiques (cf. exemples dans tableaux ci-après)**

La gamme des paramètres caractérisant l'état des systèmes aquatiques s'est progressivement enrichie de variables biologiques : les bioindicateurs. Ils ont été définis par Blandin (1986) comme des "organismes ou ensembles d'organismes qui - par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques - permettent, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco-complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications naturelles ou provoquées".

Les bioindicateurs peuvent ainsi être regroupés en trois familles, suivant le niveau de complexité de l'édifice biologique auquel ils interviennent : les biomarqueurs, les bioessais et les indicateurs biocénétiques.

Leur application est très variable, certains font encore l'objet de recherche, d'autres sont appliqués en routine : indices diatomiques, réseau de surveillance des moules sur les côtes méditerranéennes,...

L'utilisation des bioindicateurs est délicate dans la mesure où les techniques de prélèvements, de tris des organismes et de détermination sont spécifiques à chaque groupe taxonomique ; l'aide de spécialistes est indispensable. Un gestionnaire peut toutefois être formé à différentes techniques de prélèvements et réduire ainsi les coûts d'analyses.

Une étude inter-Agence (1993) résume les principaux indicateurs biologiques connus à ce jour. Les deux tableaux suivants ont été élaborés à partir de fiches techniques tirées de ce rapport et d'articles de certains des auteurs des indices.

N.B. : Pour plus de détails, se référer aux documents référencés.



## Des indicateurs biologiques couramment utilisés pour caractériser la qualité des écosystèmes aquatiques

		■ Suivi de la qualité générale			■ Pollution à dominante		■ Niveau trophique
		du milieu	de l'eau	sédiments	organique	toxique	
Indices de diversité	divers	+					
Modèles de structure des communautés	divers	+					
Indices de similarité	divers	+					
Coefficient de condition moyen (KM)	Laurent & Moreau 1973	+					
IMQSL		+					
Indice biotique de Trent étendu (EBI)	Woodiwiss 1978	+					
Indice chironomidien	Bazerque et al. 1989	+					
Indice biotique (IB)	Tuffery & Verneaux 1967	+					
Indice biologique global normalisé (IBGN)	AFNOR 1992	+					
Indice de qualité biologique globale (IQBG)	Verneaux et al. 1977	+					
IQBP							
Damage rating	Haslam & Wolseley 1981	+	+				
Indice d'Ellenberg	Ellenberg 1979	+					
Plant score	Harding 1987	+					
Indice global de qualité des eaux	Empain 1978		+				
Indice eutrophisation/pollution	Dell'Uomo 1981		+		+		+
Indices saprobiques	Zelinka & Marvan 1961		+		+		
Indices macrophytiques GIS	Hauray et al. 1996		+				+
Indice oligochètes de qualité biologique des sédiments (IOBS)	Juget & Lafont 1988 Lafont 1989			+	+	+	
Indice biologique lacustre (EOLA)	Lafont et al. 1991				+		
Indice de Palmer	Palmer 1969				+		
Méthode de Balon & Coshe	Balon & Coshe 1974						+
Indice planctonique	Barbe						+
Quotients d'association du cemagref	CEMAGREF						+
Méthode Gannon & Stemberger	Gannon & Stemberger 1978						+
Indice trophique	Newbold & Holmes 1987						+

## Déclinaison des indicateurs biologiques selon les types de zones humides

### ■ Applications aux différents types de zones humides

Indicateurs	Auteurs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Indices de diversité	divers	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Modèles de structure des communautés	divers	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Indices de similarité	divers	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Coefficient de condition moyen (KM)	Laurent & Moreau 1973	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Méthode de Balon & Coshe	Balon & Coshe 1974	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+		+
Indice planctonique	Barbe								+	+	+	+		
Quotients d'association du cemagref	CEMAGREF								+	+	+	+		
Indice biologique lacustre (EOLA)	Lafont et al. 1991								+	+	+	+		
Méthode Gannon & Stemberger	Gannon & Stemberger 1978								+	+	+	+		
Indice biotique de Trent étendu (EBI)	Woodiwiss 1978						+	+						
Indice eutrophisation/pollution	Dell'Uomo 1981						+	+						
Indice trophique	Newbold & Holmes 1987						+	+						
Indice chironomidien	Bazerque et al. 1989						+	+						
Indice global de qualité des eaux	Empain 1978						+	+						
Indice biotique (IB)	Tuffery & Verneaux 1967						+	+						
Indice biologique global normalisé (IBGN)	AFNOR 1992						+	+						
Indice de qualité biologique globale (IOBG)	Verneaux et al. 1977						+	+						
Damage rating	Haslam & Wolseley 1981						+	+						
Indice d'Ellenberg	Ellenberg 1979						+	+						
Plant score	Harding 1987						+	+						
Indice oligochètes de qualité biologique des sédiments (IOBS)	Juget & Lafont 1988, Lafont 1989						+	+						
Indices saprobiques	Zelinka & Marvan 1961						+	+						
Indice de Palmer	Palmer 1969						+	+						
Indices macrophytiques GIS	Hauray et al. 1996						+	+						

### POUR EN SAVOIR PLUS

- **Ouvrage collectif**, 1994. État de santé des écosystèmes aquatiques, les variables biologiques comme indicateurs, actes du séminaire national, Paris 2-3 novembre 1994, Ed. Cemagref.
- **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.
- **Données publiques à exploiter**  
Suivi des Agences de l'Eau, Réseau National de Bassin, cartes de qualité.



■ Structure    □ Patrimoine    ■ Fonctionnement    □ Valeur

Types de zones humides : lagunes, marais littoraux

Échelle d'observation : locale et/ou au niveau du bassin versant

### D é f i n i t i o n

Le niveau trophique des milieux lagunaires correspond au degré d'enrichissement de la lagune (eau et sédiment, les nutriments pouvant être stockés dans l'eau ou dans le sédiment) en éléments nutritifs (azote et phosphore). Il dépend des bilans des entrées et sorties du milieu.

### O b j e c t i f s

Connaître le niveau trophique d'un milieu permet de :

- apprécier le statut actuel et la dynamique possible de la matière organique (production, accumulation, consommation, recyclage) ;
- évaluer le niveau de dégradation de la matière organique et ses potentialités d'entraîner des "crises" ou déséquilibres appelés aussi "malaïgue" ;
- orienter sa gestion du site en analysant les potentialités aquacoles et halieutiques du milieu (en complément de l'analyse du degré de confinement qui permet une première approche typologique du milieu, cf. fiche technique) ;
- apprécier les risques de perturbation des habitats et espèces en présence.

Suivant le degré de précision requis et les ressources disponibles, on peut :

- étudier la fréquence des "malaïgues" (facile, mais donne une simple indication) ;
- déterminer la biomasse disponible (facile, peu onéreux, donne une idée plus précise) ;
- effectuer des analyses physico-chimiques (plus ou moins facile et onéreux, bonne précision) ;
- effectuer un examen des biocénoses aquatiques (moyennement facile et onéreux, bonne précision).

Plus le gestionnaire dispose d'informations dans le temps, plus il peut affiner l'évaluation du niveau trophique : le diagnostic sera d'autant plus pertinent que la fréquence et le nombre d'analyses seront élevés.

Les indicateurs sont instables dans le temps, il faut donc connaître cette variabilité et sélectionner des périodes et des fréquences d'échantillonnages différentes selon les indicateurs sélectionnés.

Une analyse spatiale du niveau trophique permet de localiser les sources et/ou les zones de consommation et de piégeage des nutriments et de la matière organique.

### É l é m e n t s    d e    m é t h o d e

#### Méthode ■

En fonction de l'objectif de l'étude, le choix du lieu de prélèvement (pour des analyses physico-chimiques et/ou un examen des populations aquatiques) et la fréquence seront différents (Cemagref et IARE, 1993, 1994, Medwet 1996). Par exemple :

- dans le cadre de suivi des actions, des plans de gestion ou d'aménagements : on privilégiera un échantillonnage allégé dans l'espace mais répété dans le temps ;
- dans le cadre d'une étude d'impacts d'une activité particulière : on choisira des stations concentrées et réparties autour du point d'impact ;
- pour un diagnostic précis : on effectuera une cartographie initiale grâce à des stations nombreuses et réparties sur l'ensemble du plan d'eau ;

- pour un diagnostic global, on suivra des stations concentrées dans la partie centrale de la lagune ;
- pour la caractérisation des échanges, on suivra des stations situées aux marges du plan d'eau.

On distingue deux types d'indicateurs :

- les indicateurs intégrateurs : nombre d'habitants ou répartition des usages sur le bassin versant, peuplements benthiques, nature du sédiment,...
- les indicateurs instantanés : variabilité du phosphore dans l'eau (par opposition au phosphore dans les sédiments, indicateur intégrateur).

Concomitamment, doivent être étudiés l'occupation du sol et le degré de confinement (cf. fiches techniques). L'évaluation du niveau trophique s'appuie généralement sur l'analyse physico-chimique (azote, phosphore) mais peut également aborder certains compartiments biologiques.



## **L'analyse des paramètres physico-chimiques**

*Il faut privilégier l'azote dans l'eau et le phosphore dans les sédiments.*

### *Azote sous la forme "nitrates" dans l'eau*

**Indicateur de l'apport d'éléments nutritifs par ruissellement, le rapport N/P renseigne sur l'influence respective de l'agriculture et des rejets urbains.**

On préconise de mesurer l'azote sous sa forme nitrates présente dans la colonne d'eau.

Les pluies survenant généralement en hiver dans les régions méditerranéennes, il convient d'en effectuer le suivi régulier à cette saison.

Le pic de concentration en nitrate survient principalement entre octobre et avril. Pendant cette période, le suivi mensuel de deux stations jugées représentatives de la lagune informe sur les apports prépondérant et fournit une bonne estimation de la valeur moyenne annuelle. Pendant l'été les nitrates sont consommés par les végétaux et exportés par la dénitrification.

En complément, peuvent être effectuées des mesures portant sur l'ammoniaque, élément important en cas de rejets urbains, ou de la présence de fortes concentrations animales (élevage intensif par exemple) et des relevés d'algues nitrophiles.

### *Azote total dans les sédiments*

**Indicateur de l'apport d'éléments nutritifs (bassin versant, nappes et échanges avec la mer).**

À la différence du phosphore qui s'accumule dans les sédiments, l'azote est essentiellement présent sous forme dissoute dans la colonne d'eau. Sa mesure dans les sédiments relève du domaine de la recherche et ne peut pas être encore appliqué en "routine". Quelques données existent sur l'enrichissement en azote total (de l'azote Kjeldahl) des lagunes méditerranéennes (Cemagref, IARE 1994).

### *Phosphore sous forme "phosphates" dans l'eau*

**Indicateurs des apports du bassin versant ou du relargage du sédiment (notamment en période d'anoxie), les phosphates dans l'eau sont un élément nutritif important pour la production primaire, leur utilisation en tant qu'indicateur relève cependant encore de la recherche :**

- les concentrations sont généralement maximales en période chaude ;
- les plus fortes teneurs en phosphates sont en général mesurées au voisinage de points de rejets urbains ;
- pour la mise en œuvre d'un suivi, on peut échantillonner une même lagune pendant deux ou trois années consécutives et répéter ce protocole d'autant plus fréquemment (tous les 5 ou 10 ans) que les apports par le bassin versant sont susceptibles d'évoluer ;
- il vaut mieux éviter d'échantillonner pendant ou juste après un vent fort remettant le sédiment du fond en suspension, pouvant occasionner des pics transitoires de P.



### Phosphore total dans les sédiments

**Indicateur de la capacité de la lagune à accumuler le phosphore qui d'absorbe sur les fractions fines du sédiment.**

À la différence de l'azote, le phosphore s'accumule dans les sédiments où il est absorbé. Sa présence sous forme dissoute dans la colonne d'eau est donc généralement fugace.

On préconise donc de mesurer le phosphore total dans le sédiment.

Ceci permet d'évaluer la capacité de la lagune à accumuler les apports en phosphore qui constituent un indicateur de risque de "malaïgue".

Le phosphore total est la forme la plus fréquemment dosée dans les sédiments.

Différentes méthodes de prélèvements sont pratiquées (benne, drague à main, carottage) à toutes les profondeurs d'échantillonnage, mais pour une analyse comparée pertinente, méthode et profondeur de prélèvement doivent être identiques.

Une mesure annuelle peut théoriquement permettre d'évaluer l'évolution à long terme. Il faut cependant effectuer les prélèvements à la même saison (si possible en saison intermédiaire) pour s'affranchir des fluctuations saisonnières.

Comme pour l'enrichissement en azote total dans les lagunes méditerranéennes, quelques valeurs peuvent orienter sur un classement possible entre différentes lagunes (Cemagref, IARE, 1994).

### Potentiel rédox du sédiment

**Indicateur de l'enrichissement en matière organique.**

Il traduit un ensemble de processus chimiques et biologiques liés à la dégradation de la matière organique par les micro-organismes. Il peut constituer une mesure empirique et opérationnelle de la qualité d'un sédiment marin. Plus le sédiment est réduit plus il est chargé en matière organique.

Les profils verticaux mesurés permettent ainsi de mettre en évidence différents stades d'enrichissement en matière organique. Dans les couches superficielles des sédiments, on évalue de préférence leur "histoire" récente. Dans les couches plus profondes, on évalue la situation passée (Cemagref, IARE 1993).

Sous réserve de particularité hydrodynamique (cf. présentation des lagunes, 1ère partie), une mesure au centre de la lagune (partie profonde où les phénomènes d'accumulation sont accentués) est la plus pertinente.

Le potentiel d'oxydo-réduction peut être mis en relation avec l'observation de la macrofaune benthique pour caractériser l'enrichissement organique diffus ou les apports ponctuels.



### Le phytoplancton

**Indicateur du niveau trophique primaire, il est plus adapté à l'étude des lagunes profondes et difficile à utiliser dans les lagunes peu profondes où la compétition avec les macroalgues est forte. Cependant le maintien en permanence de fortes concentrations en chlorophylle a est un indicateur de niveau trophique élevé (Cemagref, IARE 1993).**

Le phytoplancton constitue un élément de suivi du niveau trophique indispensable dans des sites conchylicoles (lagunes profondes en général) où la mesure de la chlorophylle a (biomasse primaire) renseigne sur le potentiel nutritif disponible pour les coquillages et/ou l'examen des taxons présents permet de surveiller l'apparition de formes toxiques.

Certains taxons sont par ailleurs fréquemment signalés lors d'enrichissement ou de déséquilibre trophique du milieu.

NB : L'évaluation de la biomasse phytoplanctonique et l'examen des espèces ne peuvent pas rendre compte à eux seuls d'un enrichissement à long terme du milieu. Des données complémentaires sur les éléments nutritifs et les macrophytes sont indispensables.



### Les macrophytes

**Indicateur de l'eutrophisation des lagunes peu profondes et des variations de salinité, ils peuvent constituer un indicateur d'alerte dans les milieux où surviennent des malaïgues. On peut facilement l'apprécier "à l'œil nu".**

L'augmentation des rejets anthropiques sur les bassins versants entraîne généralement une modification des peuplements de macrophytes : les espèces les plus sensibles régressent, la richesse spécifique chute, l'extension spatiale des différents groupes évolue. Ainsi les phanérogames (herbiers) disparaissent généralement au profit des algues rhodophycées puis des algues chlorophycées.

Les abondances relatives de biomasse ou de surface entre phanérogames/chlorophycées et rhodophycées/chlorophycées ainsi que l'observation des successions d'espèces sont de bons indicateurs du niveau trophique de la lagune (cf. LIFE Lagunes, "Guide de gestion des lagunes méditerranéennes, Conservatoire du Littoral, parution courant 2000 ou 2001).

La cartographie de l'aire d'extension de chaque groupe doit être réalisée par des relevés le long de transect ou selon des grilles de points sur l'ensemble de la lagune en fin de printemps, complétée éventuellement par des observations aériennes.

N.B. : La détermination des différents taxons reste délicate (laboratoire IFREMER).



### Ichtyofaune

À l'heure actuelle, il n'existe pas d'information qui permette de démontrer l'intérêt de cet indicateur. Cependant, les observations disponibles en terme de mortalité ou d'évolution des communautés renseignent sur l'état de dégradation de la lagune.



### Examen de la macrofaune benthique

**La macrofaune benthique est un indicateur biologique synthétique et généralement stable qui :**

- intègre les variations des facteurs physico-chimiques sur une longue période (modificateur des facteurs abiotiques) ;
- met en évidence des conditions moyennes et non fugaces du milieu ;
- a un cycle de vie de 2 à 3 ans, donc d'une durée supérieure aux cycles saisonniers mais plus évolutif que les caractéristiques du sédiment.

On peut analyser les communautés soit par la présence ou l'absence d'espèces caractéristiques (bioindicateurs), soit par l'analyse de la structure des peuplements (richesse spécifique, densité totale...). Les méthodes paraissant les plus intéressantes sont basées sur la dominance d'espèces indicatrices d'un enrichissement organique (Cemagref, IARE, 1993).

La présence et la répartition de groupes caractéristiques par leur régime alimentaire (suspensivores, détritivores, carnivores...) renseigne également sur le fonctionnement de la lagune en terme d'accumulation et de recyclage de la matière organique.

Mais certaines espèces peuvent aussi être des indicateurs de pollution toxique (élimination des espèces les moins "polluo-résistantes").

NB : La macrofaune benthique permet aussi d'évaluer le degré de confinement (cf. fiche technique) ou l'évolution de la salinité du milieu.



### POUR EN SAVOIR PLUS

- **Cemagref, IARE, 1993.** Inventaire des moyens de mesure de la qualité des plans d'eau lagunaires, les indicateurs biologiques benthiques.
- **Cemagref, IARE, 1994.** Inventaire des moyens de mesure de la qualité des plans d'eau lagunaires, le phytoplancton, indicateur de l'eutrophisation en milieu lagunaire? Fonctionnement hydrodynamique des milieux lagunaires.
- **Cemagref, IARE, 1994.** Recherche d'indicateurs de niveaux trophiques dans les lagunes méditerranéennes, analyses bibliographiques, document de synthèse.
- **Medwet, 1996.** Suivi des zones humides méditerranéennes, guide méthodologique.



■ Structure

□ Patrimoine

Types de zones humides : lagunes et marais littoraux

■ Fonctionnement

□ Valeur usages

Échelle d'observation : locale

### D é f i n i t i o n

Dans les lagunes, le confinement mesure l'éloignement hydrologique de l'influence marine, il est d'autant plus élevé que les échanges avec la mer sont réduits. Ces échanges sont généralement liés au fonctionnement hydrodynamique dépendant de l'action du vent et de la marée (cf. première partie).

Son évaluation peut être globale (ensemble de la lagune) ou spatiale (zonation à l'intérieur de la lagune).

### O b j e c t i f s

Connaître le degré de confinement d'une lagune est essentiel pour caractériser sa structure et son fonctionnement. Une telle approche fournit aussi une information indispensable quant aux potentialités de mise en valeur piscicole ou aquacole du milieu (Guelorget et Perthuisot, 1984).

Le confinement donne une information de nature "typologique". Les différentes approches possibles reposent sur :

- la nature de la communication mer/lagune ;
- la nature des apports issus du bassin versant ;
- les fluctuations de la salinité ;
- la richesse en MO du sédiment.

L'approche la plus courante est l'analyse des peuplements benthiques (structure des biocénoses, nature des espèces dominantes,...).

La connaissance du degré de confinement permet d'orienter un plan d'échantillonnage (en vue de l'analyse du degré de trophie par exemple), d'apprécier les risques d'accumulation organique ou d'évaluer la sensibilité aux malaïgues.

Elle fournit aussi une information quant aux potentialités de mise en valeur piscicole ou aquacole du milieu (Frisoni et Guelorget, 1986).

### É l é m e n t s d e m é t h o d e



#### Nature de la communication mer/lagune

L'observation visuelle simple de l'existence de graus, de leur nombre, de leur emplacement et de leurs dimensions permet d'avoir une première idée des communications qui peuvent exister entre la lagune et la mer. Une lagune sera d'autant plus confinée qu'elle n'entretient que de faibles relations hydrauliques avec la mer et inversement. La chronique des manœuvres de vannes ou d'entretien des graus est un premier élément de connaissance quant à la maîtrise du confinement et de son évolution.

En complément, l'enregistrement de la marée et des vents dominants sur le site permet de comprendre la répartition des flux hydriques au sein des lagunes (IARE, Cemagref 1994).



#### Volume ruisselé/volume total de la lagune

L'estimation des flux hydriques provenant du bassin versant d'une part, de la mer d'autre part, par rapport au volume total de la lagune contribue également à l'évaluation du degré de confinement.

Plus le rapport volume apporté par la mer/volume total est grand moins la lagune est confinée.



## Confinement

*Comprendre l'importance du renouvellement des eaux dans les lagunes*

Par contre, l'augmentation des volumes ruisselés issus du bassin versant, contribue pour sa part au confinement du plan d'eau.

La stabilité inter et intra annuelle de la salinité est aussi une indication importante : plus la variabilité est élevée plus le degré de confinement est susceptible d'être élevé.



### Examen des populations benthiques

Les organismes benthiques constituent d'excellents indicateurs biologiques en milieu lagunaire :

- ils sont très directement et facilement accessibles à l'observation et à la mesure ;
- ils intègrent à plus ou moins long terme les conditions du milieu ;
- ils témoignent des caractéristiques qualitatives et quantitatives de l'écosystème ou de l'habitat auquel ils appartiennent et permettent ainsi une diagnose rapide.

Leur examen (espèces, biomasse, densité) permet de définir 6 zones de confinement dans le domaine paralytique (Guelorget et Perthuisot, 1984).

La sédimentation de la matière organique dont l'origine est en partie liée aux activités humaines (rejets urbains, conchyliculture, aquaculture, ...) est favorisée par le confinement.

Toutefois si les indicateurs benthiques rendent compte du risque d'accumulation, ils n'informent pas sur son origine (causes naturelles ou anthropiques).

## POUR EN SAVOIR PLUS

- **Guelorget O. et Perthuisot J.P.**, 1984. Indicateurs biologiques et diagnose écologique dans le domaine paralytique.
- **Frisoni G.F. et Guelorget O.**, 1986. De l'écologie lagunaire à l'aquaculture, Pour la science n°103 (p 58 à 69).
- **Université de Montpellier**, laboratoire d'hydrologie continentale et lagunaire.

 Structure Patrimoine

Types de zones humides : toutes

 Fonctionnement Valeur

Échelle d'observation : locale

## D é f i n i t i o n

On appelle patrimoine naturel d'une zone humide sa richesse sur le plan de la biodiversité (espèces animales et végétales, habitats) : diversité des espèces et des habitats, abondance des individus, qualité des habitats, rareté des espèces ou des habitats,...

## O b j e c t i f s

L'évaluation de l'intérêt patrimonial d'un site constitue une phase incontournable de sa caractérisation, destinée à connaître sa valeur. Ce critère peut également constituer un élément de suivi : l'évolution de la richesse du site constitue un guide pour le gestionnaire ou une mesure de la réussite d'une opération de restauration des milieux.

"Certaines espèces constituent des "bioindicateurs", pouvant attirer l'attention du gestionnaire sur les caractères du site et de son évolution. Ces indicateurs sont intéressants, mais leur utilisation est délicate, à cause des facteurs multiples influant sur eux. Ainsi, une raréfaction du héron pourpré sur un étang peut alerter sur la régression des roselières,... Mais elle peut également s'expliquer par une dégradation des conditions de l'hivernage d'une espèce, le dérangement des oiseaux ou d'autres phénomènes. Dans ces conditions, cette fiche ne porte pas sur cette dimension de la biodiversité."

## É l é m e n t s d e m é t h o d e

### Méthode ■



### Connaissance des espèces et groupements

#### Présentation

Dans un premier temps, il est nécessaire d'établir des listes des espèces et des habitats présents dans la zone humide.

Les **listes d'espèces** peuvent être établies par prospection, voire par enquête auprès de naturalistes locaux et analyse de la bibliographie. Les méthodes de prospection sont spécifiques pour chaque groupe d'espèces ; il n'est pas possible de les présenter ici en détail.

Quelques points doivent être notés :

- la nomenclature utilisée doit être choisie avec soin, surtout en ce qui concerne les plantes, sous peine de rendre les comparaisons et interprétations impossibles. Il existe en effet environ 6000 espèces de plantes en France, et 3 à 4 nomenclatures, basées sur des noms souvent bien différents,... Un index synonymique de la flore de France permet d'éviter cet écueil (Brisse et Kerguelen 1994). Généralement, on utilise comme référence Flora europaea.
- Les listes sont généralement assez exhaustives en ce qui concerne les végétaux supérieurs, les vertébrés et les odonates. Les autres groupes sont beaucoup moins systématiquement pris en compte, à cause des difficultés de leur identification ; certains groupes sont toutefois intéressants en matière de zones humides et relativement accessibles techniquement : invertébrés aquatiques, papillons de jour,...
- Il est important de préciser le statut exact des espèces : reproduction possible ou certaine, régulière ou non, effectifs d'oiseaux migrants,...



- Les oiseaux migrateurs doivent être suivis lorsqu'ils utilisent la zone humide non seulement comme simple site de transit, mais aussi comme lieu d'alimentation et de repos ; le nombre d'individus doit alors absolument être pris en compte. Les comptages doivent être réalisés selon des protocoles standardisés, en évitant les facteurs d'erreurs : dérangement,...

La liste des **groupements végétaux** constitue une donnée importante. Elle est généralement établie au cours d'une cartographie de la végétation du site, voire d'une cartographie de l'occupation du sol. Une telle cartographie est une opération lourde, mais il s'agit d'un investissement, très utile au gestionnaire sur le long terme. Des cartes phytosociologiques existantes peuvent fournir des premières indications.

La typologie retenue est variable selon les sites, l'échelle de travail ou la compétence des observateurs ; elle utilise souvent la phytosociologie. Il est souhaitable que la typologie retenue présente une correspondance avec la typologie internationale : codes CORINE, actuellement en cours d'adaptation dans ENIS (European Nature Information System), mis en place par l'Agence Européenne de l'Environnement.



### Sources de données

Outre les inventaires et enquête, quelques bases de données peuvent contribuer à établir les listes d'espèces :

#### ■ poissons

Certains points sont suivis annuellement (pêches électriques) par le Conseil Supérieur de la Pêche. Le CSP ou certains laboratoires universitaires disposent des bordereaux des pêches électriques réalisées, mais encore imparfaitement informatisés.

#### ■ autres vertébrés

Les observations des bénévoles des associations régionales ou nationales alimentent souvent des bases de données qui peuvent être utilisées pour des inventaires. L'échelle géographique n'est pas suffisante pour un suivi fin, puisque les données sont généralement consignées sur la base d'un quadrillage général (par exemple cartes au 1/25 000).

Certaines associations et l'Office National de la Chasse réalisent des comptages standardisés d'oiseaux d'eau migrateurs ou hivernants, selon un découpage irrégulier (les sites).

#### ■ insectes

Le groupe le mieux connu est celui des odonates pour lequel il existe une base de données nationale (Société Odonatologique de France) et des bases de données régionales.

#### ■ plantes

Les conservatoires botaniques possèdent des bases de données informatisées valorisant les observations les plus récentes, repérées géographiquement. Les innombrables données des botanistes amateurs sont rarement informatisées ; elles sont éventuellement accessibles par enquête auprès des sociétés savantes.



### Interprétation des résultats

À partir des listes, il est possible d'évaluer l'intérêt patrimonial du site. Différents moyens d'interprétation peuvent être utilisés en recherchant leurs recoupements :

#### Rareté des espèces

Une méthode fréquemment utilisée est l'établissement d'une liste des espèces d'intérêt patrimonial. Ces espèces sont définies à partir de différentes listes de référence (voir bibliographie en fin de fiche) :

- livre rouge des espèces menacées dans le monde (UICN) ;
- espèces citées dans les conventions de Bonn ou de Washington ;
- annexe 1 de la directive européenne sur les oiseaux (1979) ;



Inventaire des poissons par pêche électrique



Inventaire des poissons par pêche au filet

- annexe 2 de la directive européenne sur les habitats (1992) ;
- livre rouge de la faune menacée en France (Muséum national d'histoire naturelle, 1994) ;
- espèces végétales protégées en France, dans la région, voire le département.

Ces documents constituent des références indispensables, mais il est possible de les compléter par les listes rouges qui existent dans certaines régions ou à propos de certains groupes d'espèces (odonates,...).

D'autres critères peuvent être utilisés. Pour la faune vertébrés, il est possible de calculer des indices de rareté des espèces et des peuplements (moyennes des espèces), en utilisant les atlas nationaux. Par exemple la guifette moustac possède un indice de rareté de  $42 = 1092$  (nombre de secteurs de l'atlas) divisé par 26 (nombre de secteurs où l'espèce niche) ; le canard colvert de 1,2 ( $1092/940$ ).

La présence d'espèces en limite de répartition constitue un indice particulier. De telles espèces peuvent être très menacées localement, sans être rares nationalement (cas de nombreuses espèces méditerranéennes). Une analyse qualitative des peuplements permet d'obtenir une interprétation dans ce domaine.

### Diversité en espèces

Un site peut être remarquable par sa diversité spécifique. Pour être utilisable, ce critère doit reposer sur des inventaires relativement exhaustifs. Le nombre d'espèces de chaque groupe (oiseaux, dicotylédones, odonates,...) est généralement comparé à d'autres sites, ou au nombre total d'espèces de ce groupe en France ou dans la région.

### Comparaison potentiel / réel

Une approche intéressante mais délicate consiste en la comparaison entre la liste d'espèces ou d'habitats d'un site avec une liste de référence, représentant le potentiel du site. Cette référence peut être établie à partir des inventaires d'autres sites, ou par réflexion approfondie sur le milieu. Le Conseil Supérieur de la Pêche utilise fréquemment cette approche en ce qui concerne les peuplements de poissons. Des listes de référence sur les vertébrés des plaines alluviales sont présentées dans les cahiers techniques du GRAIE (1998).

Cette méthode est intéressante en matière de caractérisation, pour apprécier les forces et les faiblesses d'un site ; elle suppose une très bonne connaissance des espèces et l'utilisation de listes de référence réellement comparables.

### Abondance

Ce critère est surtout utilisé en ce qui concerne les oiseaux. Il est possible de comparer le nombre d'individus migrateurs ou hivernants d'une espèce avec les effectifs de cette espèce. Ainsi, on considère qu'une zone humide présente un intérêt européen si elle abrite (en reproduction ou hivernage) 1 % de la population européenne, ou un intérêt mondial si elle accueille 1 % des effectifs mondiaux. Un document de synthèse présente les chiffres de référence dans ce domaine (Rocamora 1994).

L'abondance d'une ou quelques espèces rares est souvent utilisée comme moyen d'évaluation d'une opération de gestion, par comptage exact ou relatif (nombre d'individus, points d'écoute...). Cette approche est intéressante, mais plus grossière qu'un suivi basé sur l'ensemble des espèces qui composent le groupement (les évolutions d'une seule espèce peuvent souvent être liées à d'autres facteurs qu'à la gestion).

### Intérêt des groupements végétaux

L'annexe 1 de la directive européenne sur les habitats dresse la liste des habitats devant être préservés en Europe. Ce critère est très intéressant à condition d'identifier avec certitude ces habitats (les "cahiers d'habitat" prochainement diffusés par le ministère de l'environnement faciliteront ce travail) et que les habitats concernés soient dans un bon état de conservation.

Pour chaque habitat présent sur le site, il est souhaitable de détailler la surface concernée.



### Analyse globale

D'autres critères d'évaluation peuvent être utilisés, pour aboutir à une vision plus globale de la biodiversité d'un site.

Ainsi, la méthodologie nationale d'élaboration des plans de gestion des réserves naturelles (RNF 1998) comporte une démarche globale de l'évaluation du patrimoine naturel. Cette méthode est basée sur la présence d'espèces et d'habitats rares, mais aussi sur d'autres critères : diversité, superficie, vulnérabilité, position du site dans l'unité écologique, caractère naturel, valeur potentielle, utilité sociale, attrait intrinsèque (subjectif).

Par ailleurs, il est possible de construire des indices semi-quantitatifs intégrant différents critères. Par exemple, chaque site se voit doter d'un indice de richesse constitué d'un total de notes (nombre d'espèces ou d'habitats rares, surface des milieux naturels,...).

Ce type d'évaluation permet de comparer avec un minimum d'objectivité des sites ou des milieux voisins, mais la grille de notation doit être construite avec prudence, de façon adaptée au site et à la problématique.

Il convient de n'utiliser que des critères qui sont aussi bien connus dans tous les sites étudiés. Il est souhaitable de ne pas se limiter à des critères patrimoniaux (espèces rares), mais aussi de prendre en compte des facteurs plus globaux tels que qualité des habitats, connexions biologiques, taille du site, état fonctionnel des milieux,...

Les Indices Biologiques Globaux Normalisés (IBGN) constituent des indices globaux de diversité et de qualité des milieux, calculés à partir des invertébrés aquatiques. L'objectif de cette méthode est moins l'évaluation de la rareté des espèces que celle de la qualité du milieu aquatique.



### Utilisation des indicateurs

Ces indicateurs sont principalement utilisés lors de la caractérisation de la zone humide, en vue d'en évaluer la richesse.

Ils peuvent toutefois être employés d'autres façons :

- lors du renouvellement du plan de gestion d'un site (tous les 5 ans), l'évolution de la richesse patrimoniale globale du site est un indicateur intéressant ;
- la disparition d'une espèce patrimoniale peut constituer un signal d'alerte pour le gestionnaire ;
- après la réhabilitation d'un milieu, l'apparition ou l'augmentation des effectifs de telles espèces peuvent permettre d'apprécier la réussite de l'opération.

#### Liste des habitats naturels de l'annexe I de la directive Habitats présents sur la Tour du Valat

Habitats	Corine	Annexe 1	Intérêt
Végétation annuelle pionnière à Salicornes <i>Thero-Salicornietalia</i>	15-11	DH	F
Communautés halonitrophiles à Frankenia <i>Frankenion pulverulentae</i>	15-12	DHP	F

#### Statut des espèces végétales d'intérêt patrimonial de la Tour du Valat

Espèces	Livre Rouge mondial (UICN)	Protection nationale	Livre Rouge national	Protection Régionale	Livre Rouge Dépt
<b>Zannichelliaceae</b>					2
<i>Zannichellia obtusifolia</i>				X	3
<i>Zannichellia pedunculata</i>				X	
<b>Ophioglossaceae</b>					3
<i>Ophioglossum vulgatum</i>				X	
<b>Polygonaceae</b> <i>Polygonum arenarium</i>			II		3

#### Principales espèces d'oiseaux protégées nicheuses de la Tour du Valat

Espèces	PN	LRN	DO
<b>Oiseaux d'eau*</b>			
<i>Nette rousse Netta rufina</i>	-	V	-
<i>Échasse blanche Himantopus himantopus</i>	X	-	X
<i>Butor étoilé Botaurus stellaris</i>	X	V	X
<i>Héron pourpré Ardea purpurea</i>	X	-	X
<i>Blongios nain Ixobrychus minutus</i>	X	X	
<i>Crabier chevelu Ardeola ralloides</i>	X	X	
<i>Bihoreau gris Nycticorax nycticorax</i>	X	X	
<i>Héron garde-bœufs Bubulcus ibis</i>	X	-	
<i>Tadorne de Belon Tadorna tadorna</i>	X	-	

PN : Protection nationale, LRN : Livre Rouge National, DO : Annexe I de la directive Oiseaux ; V : vulnérable ; X : inscrite

\* d'après la définition de la Convention de Ramsar

## Déclinaison selon les types de zones humides

L'approche est globalement la même pour tous les types de zones humides. Toutefois, quelques remarques peuvent être formulées en ce qui concerne les priorités d'études.

### [ TYPE 3 ]

#### Marais littoraux et lagunes

Ces zones humides sont souvent très importantes en ce qui concernent les stationnement d'oiseaux d'eau hivernant. Les espèces animales et végétales qui se reproduisent dans ces milieux ne sont pas forcément très diversifiées, mais elles sont généralement spécialisées et parfois rares en France.

### [ TYPES 5-6 ]

#### Zones humides de plaines alluviales

Les plaines alluviales abritent des habitats et des espèces très diversifiées. Les milieux aquatiques, en particulier d'eau courante, peuvent abriter des poissons peu communs. Tous les autres compartiments de l'écosystème peuvent présenter un intérêt (flore, odonates, oiseaux,...).

### [ TYPE 7 ]

#### Marais et landes humides de plaines

À l'instar des étangs, les marais peuvent présenter un intérêt très général (habitats, faune, flore).

### [ TYPE 8 ]

#### Régions d'étangs

Les étangs possèdent souvent des biocénoses très diversifiées et remarquables, sur le plan de la flore, des odonates, des oiseaux,... Par contre, la faune piscicole est généralement composée d'espèces communes.

### [ TYPE 9 ]

#### Bordures de plan d'eau

Les zones humides riveraines des lacs sont surtout connues pour les oiseaux d'eau ; elles jouent un rôle pour les poissons, dont certaines espèces rares.

### [ TYPE 10 ]

#### Zones humides de bas fonds en tête de bassin

La richesse patrimoniale des tourbières et autres zones humides de tête de bassin provient pour une large part de la flore, comptant un grand nombre d'espèces remarquables. On y note également différentes espèces de lépidoptères et d'odonates rares.

### [ TYPE 13 ]

#### Zones humides artificielles

Les habitats sont généralement peu intéressants, car peu typiques et fonctionnels. Par contre, ces zones humides peuvent abriter des espèces intéressantes, en particulier en ce qui concerne les oiseaux, les odonates ou les plantes.

Toutefois, en zones méditerranéennes, les conditions microclimatiques créées par les aménagements hydrauliques favorisent la présence d'espèces mésophiles ou plus septentrionales ou même des transgressives des étages bioclimatiques supérieurs, en créant une mosaïque de milieux et d'habitats.



### POUR EN SAVOIR PLUS

- **Bardat J.**, 1993. Guide d'identification simplifié des divers types d'habitats naturels d'intérêt communautaire présents en France métropolitaine. Muséum national d'histoire naturelle. 56p.
- **Bissardon M., Guibal L., Rameau J.C.**, 1997. CORINE biotope, version originale, types d'habitats français. ENGREF / MNHN, 217p.
- **Brisse H., Kerguelen M.**, 1994. Code informatisé de la flore de France. Compléments et corrections à l'index synonymiques de la flore de France. Bulletin de l'association d'informatique appliquée à la botanique. Tome 1, 189p.
- **Fiers V., Gauvrit B., Gavazzi E., Haffner P., Maurin H.**, 1997. Statut de la faune de France métropolitaine. Statuts de protection, degrés de menace, statuts biologiques. Muséum d'histoire naturelle, Réserves Naturelles de France, Ministère de l'environnement, 225p.
- **Muséum national d'histoire naturelle**, 1994. Inventaire de la faune menacée en France, le livre rouge. Nathan, 176p.
- **RNF (Réserves Naturelles de France)** 1998. Guide méthodologique des plans de gestion des réserves naturelles. MATE, ATEN, 96p.
- **Rocamorra G.**, 1994. Les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux en France. Ministère de l'environnement. 339p.
- **UICN**, 1990. Red List of Threatened Animals. UICN conservation library, 192p.

 Structure Patrimoine

Types de zones humides : tourbières

 Fonctionnement Valeur

Échelle d'observation : locale

### Définition

La qualité des tourbières se définit essentiellement à partir des observations floristiques du site. Elle traduit les conditions d'alimentation hydriques du site.

### Objectifs

Connaître la qualité et le type de tourbières : minérotrophes ou ombrotrophes.

### Éléments de méthode

#### Méthode

Pour connaître la qualité des tourbières, il faut établir un bilan hydrologique du milieu et observer la flore. Si l'alimentation en eau est optimale, le fonctionnement de la tourbière sera lui aussi optimal.



#### Avertissement

De nombreuses recherches sont en cours dans ces domaines. Le gestionnaire intéressé devra donc contacter les personnes citées pour connaître l'état d'avancement de leurs travaux et savoir dans quelle mesure ils sont applicables à son site.

Le bilan hydrologique des tourbières peut être très facile comme très complexe suivant le type de tourbière (cf. Dupieux, 1999). Il faut situer les arrivées et les sorties des flux hydriques. Dans le cadre du PNRZH, l'université de Lyon 2 travaille actuellement sur l'identification des indicateurs hydrologiques pertinents à observer dans ces milieux. ces travaux seront valorisés fin 2001.

Des cortèges floristiques permettent de témoigner de la qualité des tourbières. Pour cela il convient de réaliser un relevé floristique sur le site. L'étude de la flore des tourbières s'effectue généralement à partir des données du Corine Biotope. Les relevés floristiques doivent être effectués suivant l'altitude du site, entre juin et septembre pendant la période de floraison (détermination plus aisée). Les modes de relevés floristiques sont les mêmes que dans les autres types de zone humide : présence/absence, relevé suivant des carrés ou des transects, relevés phytosociologiques, ... Ces milieux évoluant très lentement, un relevé tous les 2 ou 3 ans est suffisant.

Les espèces indicatrices sont très variables selon leur localisation et l'altitude. Dans le cadre du PNRZH, une liste d'espèces indicatrices de l'état d'évolution des tourbières est en cours d'élaboration.

### POUR EN SAVOIR PLUS

**DUPIEUX N.**, 1998. La gestion conservatoire des tourbières de France. Espaces Naturels de France, programme Life "tourbières de France".

- ACTES DU SÉMINAIRES NATIONAL. PARIS, 2-3 nov. 94** ■ 1994 État de santé des écosystèmes aquatiques. Les variables biologiques comme indicateurs [298 pages]. *Éditeur : Cemagref*
- ADAMUS ET STOCKWELL** ■ 1983 A method for wetland fonctionnal assesment, Vol I: Critical review and evaluation concepts, Report FHWA [176 pages]. *Éditeur : US Department of transportation*
- AERMC** ■ 1995 Synthèse descriptive quantifiée de la ressource en eau superficielle en RMC (méthodes, résultats importables, ensuite contrôle/correction progressifs, dont effet d'échelle, au fur et à mesure de la disponibilité des observations locales). *Éditeurs : Cemagref et groupe GEWEX-Rhône*
- AGENCE DE L'EAU Adour-Garonne** ■ 1996 Étude des fonctionnalités des milieux aquatiques [21 pages]. *Éditeur : Société d'Ingénierie pour l'Eau et l'Environnement*
- AGENCE DE L'EAU Loire Bretagne, IEA** ■ 1997 Avis d'expert sur les focntions et la qualité des zones humides[72 pages]. *Éditeur : Agence de l'Eau Loire Bretagne*
- AGENCES DE L'EAU** ■ 1997 SEQ milieu physique Méthode de collecte des données [100 pages]. *Éditeur : Agences de l'Eau*
- AGENCES DE L'EAU, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT** ■ 1993 Étude bibliographique des méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux de surface continentales [200 pages]. *Éditeur : Inter agences de Bassin*
- ALARD D.** ■ 1989 Déprise agricole et milieu pastoral. Deux exemples en Normandie centrale. In: l'écologie en France, 5<sup>e</sup> colloque de l'AFIE [267-280 pages]. *Éditeur : Association Française des Ingénieurs Écologues (AFIE)*
- AMIARD J-C., CAQUETT, LAGADIC L., RAMADE F.** ■ 1998 Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance [320 pages]. *Éditeurs : Lavoisier TEC & DOC*
- AMOROS C. BORNETTE G. HENRY C.** ■ 1992 Écotechnologie de restauration de zones humides fluviales: recherches expérimentales sur les bras-morts du Rhône [65 pages]. *Éditeurs : CNRS, ARALEPBP*
- AMOROS C. BOURNAUD M.** ■ 1984 Des indicateurs biologiques aux descripteurs de fonctionnement: quelques exemples dans un système fluvial [57-66 pages]. *Éditeur : Bull. Ecol*
- AMOROS C. HENRY C.** ■ 1994 Écotechnologie de restauration de zones humides fluviales: expérience en secteur de retenue, la restauration de la Lône de Chantemerle [36 pages]. *Éditeurs : CNRS, CNR, AERMC*
- AMOROS C., PETTS G.E.** ■ 1993 Hydrosystèmes fluviaux [300 pages]. *Éditeur : Masson*
- ASSOCIATION FRANÇAISE DE LIMNOLOGIE** ■ 1995 Actes du XXXIX<sup>ème</sup> congrès national [179 pages]. *Éditeur : Agence de l'Eau*
- AVON M. BOUDOURESQUE C-F. PERGENT-MARTINI C.** ■ 1993 Colloque international. "Qualité du Milieu Marin". Indicateurs biologiques et physico-chimiques. [296 pages]. *Éditeur : GIS Posidonie*
- BARDAT J.** ■ 1993 Guide d'identification simplifié des divers types d'habitats naturels d'intérêt communautaire présents en france métropolitaine. Muséum national d'histoire naturelle [56 pages].
- BARNAUD G.** ■ 1998 Conservation des zones humides: concepts et méthodes appliquées à leur caractérisation. Thèse de doctorat, Université de Rennes I [451 pages]. *Éditeurs : Coll. Patrimoines Naturels, Volume 34, service du Patrimoine Naturel/IEGB/MNHN, Paris*
- BEAUVERGER, DE LA BIGNE, DELAHAYE, PAVILLON TOULEMONT** ■ 1991 Toxicologie de l'environnement: effets biologiques des polluants utilisés comme biomarqueurs des contaminations [502 pages]. *Éditeur : Institut océanographique*
- BIANCHI A. BIANCHI M.** ■ Microorganismes et indicateurs de pollution en milieu sédimentaire marin [5 pages]. *Éditeur : Microbiologie Marine, CNRS UPR*

- BISSARDON M. GUIBAL L. RAMEAU J.C.** ■ 1997 CORINE biotope, version originale, types d'habitats français ENGREF / MNHN [217 pages].
- BOUCHARD A. COGLIASTRO A. DOMON G. LAJEUNESSE D.** ■ 1989 Programme de gestion des écosystèmes des parcs nature de la Communauté Urbaine de Montréal. [136 pages]. *Éditeurs : Communauté urbaine de Montréal, Institut de recherche en biologie végétale*
- BOUCHESEICHE C. MICHELOT J.L.** ■ 1996 Sources de données sur l'eau dans les réserves naturelles fluviales [114 pages]. *Éditeur : Réserves Naturelles de France*
- BOUDOURESQUE C-F.** ■ 1996 Impact de l'homme et conservation du milieu marin en méditerranée [243 pages]. *Éditeur : GIS POSIDONIE*
- BOUSQUET C. DELANOE O.** ■ 1998 Bilan des inventaires zones humides du bassin RMC. Phase 2 : proposition d'une méthodologie d'inventaire [50 pages]. *Éditeurs : IARE, Agence de l'Eau*
- BOUSQUET C. DELANOE O. DUPONT C.** ■ 1998 Bilan des inventaires zones humides du bassin RMC. Phase 1 : recensement et description des inventaires analyse critique et comparative [177 pages]. *Éditeurs : IARE, Agence de l'Eau*
- BOUVIER J. PENLOUP A. PERENNOU C. et PINEAU O.** ■ 1996 Fiches pratiques à l'usage du gestionnaire de zones humides méditerranéennes. *Éditeur : MedWet*
- BOYER M.** ■ 1998 Guide technique n° 1 - La gestion des boisements de rivières, Fascicule 1: dynamique et fonctions de la ripisylve [42 pages]. *Éditeur : Agence de l'Eau RMC*
- 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 pages]. *Éditeurs : Agence de l'Eau RMC*
- BRAVARD J.P., PETIT F.** ■ 1999 Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial [222 pages]. *Éditeur : Colin*
- BRISSE H. KERGUELEN M.** ■ 1994 Code informatisé de la flore de France. Compléments et corrections à l'index synonymiques de la flore de France. Bulletin de l'association d'informatique appliquée à la botanique. Tome 1 [189 pages].
- BROYER J.** ■ 1985 Le rôle de genêt en France [106 pages]. *Éditeur : UNAO-CORA/SRETIE*
- BROYER J.** ■ 1988 Déperissement des populations d'oiseaux nicheurs dans les sites cultivés et prairiaux : les responsabilités de la modernité agricole [192 pages]. *Éditeurs : FRAPNA / Ministère de l'environnement*
- BROYER J.** ■ 1991 Conservation des écosystèmes agricoles dans le val de Saône et dans la Dombes : définition de normes de gestion [117 pages]. *Éditeurs : FRAPNA/Ministère de l'environnement*
- CARTER, NOVITZKI** ■ 1998 Some comments on the relation between ground water and wetlands, The Ecology & Management of Wetlands, vol 1 : Ecology of Wetland. *Éditeurs : D. D. Hook & all, eds*
- CASTANY** ■ 1982 Principes et méthodes de l'Hydrogéologie [238 pages]. *Éditeur : Dunod, Paris*
- CEMAGREF** ■ 1989 Guide pratique de l'agent préleveur.
- CEMAGREF LYON** ■ 1996 Rôle et intérêt de zones d'écrêtement des crues. La Houille blanche n°6/7.
- CEMAGREF, GROUPEMENT DE LYON** ■ 1999 Méthode de construction des coefficients d'importation de régimes d'étiages régionaux.
- CEMAGREF, IARE** ■ 1993 Inventaire des moyens de mesure de la qualité des plans d'eau lagunaires, les indicateurs biologiques benthiques.
- CEMAGREF, IARE** ■ 1994 Inventaire des moyens de mesure de la qualité des plans d'eau lagunaires, le phytoplancton, indicateur de l'eutrophisation en milieu lagunaire. Fonctionnement hydrodynamique des milieux lagunaires.

- CEMAGREF, IARE** ■ 1994 Recherche d'indicateurs de niveaux trophiques dans les lagunes méditerranéennes, analyses bibliographiques, document de synthèse.
- CEMAGREF DE MONTPELLIER, IARE** ■ 1993 Recherche d'indicateurs de niveaux trophiques dans les lagunes méditerranéennes [69 pages]. *Éditeur : Agence de l'Eau RMC*
- CEMAGREF DE MONTPELLIER, IARE** ■ 1994 Recherche d'indicateurs de niveaux trophiques dans les lagunes méditerranéennes [113 pages]. *Éditeur : Agence de l'Eau RMC*
- CETE de l'Est** ■ 1981 Observatoire Doller. Suivi écologique, année 1981 [125 pages]. *Éditeur : Ministère de l'environnement*
- CHAUVET, DECAMP, FUSTEC, PINAY** ■ 1990 Functions of ecotones in fluvial systems. Ecology and management of aquatic terrestrial ecotones. R.J. Naiman & H. Décamp [141-169 pages]. *Éditeurs : Parthenon, Press Publ.*
- CHOISY J.P. LEBRETON P.** ■ 1989 Avifaune et altérations forestières. III Incidences avifaunistiques des aménagements forestiers. Substitution Quercus/Pinus en milieu sub-méditerranéen. In: L'écologie en France, 5° colloque de l'AFIE [135-150 pages]. *Éditeur : Association Française des Ingénieurs Écologues (AFIE)*
- COSSON, ÉCHAUBARD, LE BRAS, MORETEAU, RAMADE, THYBAUD** ■ 1984 Détection de la pollution des eaux en milieu agricole [21-37 pages]. *Éditeur : Bull. Ecol*
- COULET M., MONNET P., VENARD B.** ■ 1997 Impact des aménagements hydroélectriques sur l'écosystème Rhône [181 pages]. *Éditeurs : FRAPNA/Région Rhône-Alpes, Agence de l'Eau RMC*
- CREUM, UPRES** ■ 1998 Identification de description des groupements végétaux des prairies alluviales de Lorraine. Rapport de synthèse. *Éditeurs : Ministère de l'environnement, Agence de l'Eau Rhin Meuse, Région Lorraine*
- DÉCAMP, PINAY** ■ 1986 The role of riparian woods in regulating nitrogen fluxes between the alluvial aquifer and surface water: a conceptual model. Regulated river 2 [507-516 pages].
- 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.
- DUNCAN A. LIERDEMAN E. RICHARD D.** ■ 1991 Guide méthodologique des plans de gestion des réserves naturelles [61 pages]. *Éditeurs : Réserves Naturelles de France, ATEN.*
- DUPIEUX N.** ■ 1998 La gestion conservatoire des tourbières de France. Espaces Naturels de France, programme Life "tourbières de France".
- DUTOIST. RICHARD P.** ■ 1993 Pelouses sèches du Nord et de l'Est de la France: un programme inter-régional. In: Forum des gestionnaires: la gestion des milieux herbacés [81-90 pages]. *Éditeurs : Réserves Naturelles de France, Ministère de l'environnement, Espaces naturels de France*
- EPTEAU (Malavoi J.R.)** ■ 1998 Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau. Guide technique du SDAGE n°2 [39 pages]. *Éditeur : Agence de l'Eau RMC*
- ÉTUDE INTER-AGENCES** ■ 1999 Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours de l'eau.
- FRISONI G.F. et GUELORGET O.** ■ 1986 De l'écologie lagunaire à l'aquaculture, pour la science n°103 [58 à 69 pages]. n°641999.
- FROCHOT, FUSTEC** ■ 1995 Les fonctions des zones humides [144 pages]. *Éditeur : Agence de l'Eau Seine Normandie*
- GRAIE** ■ 1996 Aménagement et gestion des rivières. Volume 2: fiches méthodologiques et techniques [353 pages]. *Éditeurs : GRAIE, Agences de l'eau*
- 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 [139-156 pages]. Compte-rendu de recherche n°3 BVRE de Draix, coordination : Maurice Meunier, Cemagref Grenoble 1995. *Collection Etudes du Cemagref n°21*

- 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 [83-101 pages].
- GUELORGET O. et PERTHUISOT J.P.** ■ 1984 Indicateurs biologiques et diagnose écologique dans le domaine paraliq.ue.
- GROUPE DE TRAVAIL SUR LES PEUPELEMENTS D'OISEAUX** ■ 1983 Introduction aux méthodes de recensement des oiseaux terrestres, en période de reproduction [38 pages]. *Éditeur : Groupe de Travail sur les Peuplements d'oiseaux*
- HAURY J.** ■ 1989 Évolutions 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 [45-60 pages]. *Éditeur : Association Française des Ingénieurs Écologues (AFIE)*
- HILL** ■ 1990 Groundwater flow paths in relation to nitrogen chemistry in the near stream zone [39-52 pages]. *Éditeur : Hydrobiologia n°206*
- IARE** ■ 1995 État des connaissances opérationnelles sur la contamination et les indicateurs de pollution chimique toxique du milieu marin [243 pages]. *Éditeurs : Ministère de l'Environnement, Agence de l'Eau*
- IARE** ■ 1996 État des connaissances opérationnelles sur la contamination et les indicateurs de pollution chimique toxique du milieu marin [170 pages]. *Éditeurs : Ministère de l'Environnement, Agence de l'Eau*
- IDE ENVIRONNEMENT** ■ 1993 Étude Inter Agences n° 35 : étude bibliographique des méthodes biologiques de la qualité des eaux de surface continentales. *Éditeur : Agences de l'Eau*
- FIERS V. GAUVRIT B. GAVAZZI E. HAFFNER P. MAURIN H.** ■ 1997 Statut de la faune de France métropolitaine. Statuts de protection, degrés de menace, statuts biologiques. Muséum d'histoire nature, Réserves Naturelles de France [225 pages]. *Éditeur : Ministère de l'environnement*
- I.N.M.H. - BUCAREST** ■ 1999 Roumanie / *Revue des Sciences de l'Eau* [93-122 pages]. (méthode, résultats importables sous la condition expresse de coefficients d'importation estimés à partir des jaugeages d'étiages locaux).
- INSTITUT D'ÉCOLOGIE APPLIQUÉE** ■ 1997 Avis d'expert sur les fonctions et la qualité des zones humides [45 pages]. *Éditeur : Agence de l'eau Loire-Bretagne*
- INSTITUT FRANÇAIS DE L'ENVIRONNEMENT** ■ 97-98 Agriculture et environnement : les indicateurs [72 pages]. *Éditeur : Lavoisier TEX & DOC*
- LAVOUX T., PIVETEAU V. RECHATIN C., THEYS J.** ■ 1997 Indicateurs de développement durable bilan des travaux étrangers et éléments de réflexion. [73 pages]. *Éditeur : Institut Français de l'Environnement*
- LE COZ C.** ■ 1994 Gestion intégrée des milieux aquatiques [239 pages]. *Éditeur : Presses de l'école nationale des ponts et chaussées*
- LIERDEMAN E. MERMET L.** ■ 1991 Mise en place d'un observatoire des zones humides. Étude et méthode de faisabilité [29 pages]. *Éditeur : Ministère de l'environnement*
- 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 pages]. *Éditeur : Ministère de l'environnement*
- MAIZERET C. OLIVIER L.** ■ 1996 Les objectifs de gestion des espaces protégés. Éléments pour la définition des objectifs [88 pages]. *Éditeur : ATEN*
- MATE** ■ 1988 Estimation du module d'un cours d'eau selon les données locales disponibles. *Éditeur : Cemagref, MATE/DPN/SPHB* (méthode, adaptable aux faibles surfaces de bassin pour une première estimation, contrôle/correction progressifs au fur et à mesure de la disponibilité des observations locales).
- MEDWET** ■ 1996 Suivi des zones humides méditerranéennes, guide méthodologique. *Éditeur : MedWet*
- MEDWET** ■ Un effort intégré pour la conservation des zones humides méditerranéennes [8 pages]. *Éditeur : MedWet*

- MICHELOT J.L.** ■ 1996 Gestion et suivi des milieux fluviaux l'expérience des réserves naturelles [440 pages].  
*Éditeur : Réserves naturelles de France*
- MICHELOT J.L.** ■ 1999 Travaux post-crués, bien analyser pour mieux agir. *Éditeur : GRAIE*
- MALAVOI J.R.** ■
- MILBRINK G.** ■ 1987 Bulk sediment bioassays with five species of fresh-water oligochaetes [131-154 pages].  
*Éditeur : D. Reidel Publishing Company*
- WIEDERHOLM A-M.** ■
- WIEDERHOLM T.** ■
- MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE** ■ 1994 Inventaire de la faune menacée en France, le livre rouge [176 pages]. *Éditeur : Nathan*
- 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. *Éditeurs : GRAIE, Agences de l'Eau*
- OUVRAGE COLLECTIF** ■ 1994 État de santé des écosystèmes aquatiques, les variables biologiques comme indicateurs, actes du séminaire national, Paris 2-3 novembre 1994. *Éditeur : Cemagref*
- RNF (RÉSERVES NATURELLES DE FRANCE)** ■ 1998 Guide méthodologique des plans de gestion des réserves naturelles [96 pages]. *Éditeur Mate, ATEN*
- ROCAMORRA (G.)** ■ 1994 Les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux en France [339 pages].  
*Éditeur : Ministère de l'environnement*
- ROULE** ■ 1990 Hydrology of headwater basin wetland: groundwater discharge and wetland maintenance [387-400 pages]. *Éditeur : Hydrological Processes*
- SINNASSAMY J.M.** ■ 1992 Éléments pour une méthode de gestion intégrée du littoral méditerranéen. Grille multicritères [62 pages]. *Éditeur : Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse*
- UICN** ■ 1990 Red List of Threatened Animals [192 pages]. *Éditeur : Conservation library*
- UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER** ■ Laboratoire d'hydrologie continentale et lagunaire.
- VALENTIN-SMITH G.** ■ 1998 Guide méthodologique des documents d'objectifs Natura 2000 [144 pages]. *Éditeurs : Réserves Naturelles de France, ATEN*
- WHITE D S.** ■ 1985 Trophic status of southeastern lake michigan based on the chironomidae (diptera) [540-548 pages].  
*Éditeurs : Internat. Assoc. Great Lakes Res*
- WINNELL M. H.** ■

## Collection des notes et guides techniques du SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse

### Notes<sup>(1)</sup> techniques déjà publiées

NOTE TECHNIQUE N°1	Extraction de matériaux et protection des milieux aquatiques <i>Édition décembre 1996</i>
NOTE TECHNIQUE N°2	Eutrophisation des milieux aquatiques. Bilan des connaissances et stratégies de lutte <i>Édition décembre 1996</i>
NOTE TECHNIQUE N°3	Les rivières eutrophisées prioritaires du SDAGE - Stratégies d'actions <i>Édition mars 2000</i>
NOTE TECHNIQUE N°4	Agir pour les zones humides en RMC - Les priorités du bassin <i>Édition octobre 2000</i>
NOTE TECHNIQUE N°5	Agir pour les zones humides en RMC. Politique d'inventaires: objectifs et méthodologie <i>Édition octobre 2000</i>
NOTE TECHNIQUE N°6	Reconquête des axes de vie en lit mineur de cours d'eau <i>Édition novembre 2000</i>

### Guides<sup>(2)</sup> techniques déjà publiés

GUIDE TECHNIQUE N°1	La gestion des boisements de rivières ■ Fascicule 1 : Dynamique et fonctions de la ripisylve ■ Fascicule 2 : Définition des objectifs et conception d'un plan d'entretien <i>Édition septembre 1998</i>
GUIDE TECHNIQUE N°2	Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau <i>Édition novembre 1998</i>
GUIDE TECHNIQUE N°3	Connaissance et gestion des ressources en eaux souterraines dans les régions karstiques <i>Édition mai 1999</i>
GUIDE TECHNIQUE N°4	Libre circulation des poissons migrateurs et seuils en rivières <i>Édition février 2001</i>
GUIDE TECHNIQUE N°5	Agir pour les zones humides en RMC. Fonctionnement des zones humides <i>Édition mai 2001</i>

<sup>(1)</sup> Notes techniques SDAGE :

Ce sont des documents qui ont pour objectif de rendre le SDAGE plus opérationnel en traduisant ses orientations sous forme de stratégies calées sur le terrain, de définition de priorités, d'objectifs quantifiés, qui peuvent assez directement être mis en oeuvre par les services, les CLE, etc.. Ce ne sont ni des guides techniques spécialisés, ni des guides méthodologiques, mais beaucoup plus des documents de stratégie d'action au niveau du bassin, ou au niveau de territoires spécifiques identifiés par le SDAGE. Leur caractère stratégique conduit à les soumettre à l'approbation du Comité de Bassin avant leur diffusion.

<sup>(2)</sup> Guides techniques SDAGE :

Ce sont des documents qui n'ont pas le caractère stratégique des notes techniques. Ils explicitent des sujets et des concepts, développent des méthodologies et/ou des approches techniques novatrices qui sont évoquées dans le SDAGE, mais n'ont pas encore fait l'objet de publications larges, et nécessitent à ce titre une information ciblée, à destination notamment des techniciens, services de l'Etat, bureaux d'études.



En cohérence avec la politique établie au niveau national, le SDAGE du bassin Rhône - Méditerranée - Corse a défini un ensemble de préconisations pour mettre en œuvre une **politique volontariste de préservation et de gestion des zones humides du bassin**, y compris celles de petite superficie. Une **commission technique a été mise en place pour suivre et coordonner cette politique**.

L'ensemble de ces préconisations est regroupé autour de quatre axes :

- Inventorier les zones humides ;
- Caractériser des zones humides ;
- Changer les processus techniques et décisionnels concourant à leur disparition et développer des outils de gestion ;
- Informer et sensibiliser.

La **définition d'indicateurs physiques, biologiques et socio-économiques** est donc un **thème prioritaire** au niveau du bassin Rhône-Méditerranée-Corse. Dans cet objectif, une réflexion a été lancée pour réaliser un **état de la connaissance** et identifier des **indicateurs opérationnels et pertinents** permettant de décrire le fonctionnement et la valeur patrimoniale des différents milieux humides.

La **synthèse de ce travail est l'objet de ce guide qui est donc destiné aux opérateurs de terrain (conservatoires, techniciens de rivières,...) impliqués dans la gestion et le suivi de sites**. Il ne s'agit que d'une première étape qui devra être complétée par les résultats du Programme National de Recherche sur les Zones Humides et les remarques des opérateurs de terrain en fonction de leurs premiers retours d'expérience.

Ce guide se veut être une **"boîte à outils"** où chaque gestionnaire trouvera les informations lui permettant de définir le protocole de suivi et/ou de réhabilitation adapté à son propre milieu et aux contraintes spécifiques qui le caractérisent. Pour faciliter cette approche, le guide propose des schémas didactiques, permettant une compréhension globale et synthétique du fonctionnement des différentes zones humides et des indicateurs associés.

Au niveau du bassin Rhône-Méditerranée-Corse, ces indicateurs faciliteront l'établissement d'un diagnostic (tendances évolutives, natures des menaces, principaux axes de gestion ...), et la mise en œuvre d'un suivi dans le tableau de bord SDAGE.

**Agence de l'Eau  
Rhône-Méditerranée-Corse**  
2-4, allée de Lodz (près de l'avenue Tony Garnier)  
69363 LYON Cedex 07  
Tél. : 04 72 71 26 54  
Fax : 04 72 71 26 03

Secrétariat Technique SDAGE



**DIREN RHÔNE ALPES**  
Délégation de Bassin RMC  
19, rue de la Villette  
69425 LYON Cedex 03  
Tél. : 04 72 13 83 15  
Fax : 04 72 13 83 59

