

Manuel de restauration des zones humides méditerranéennes



Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional
Invertimos en su futuro





Manuel de restauration des
zones humides méditerranéennes

Manuel de restauration des zones humides méditerranéennes

Edition

Ministère régional de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire.
Gouvernement régional d'Andalousie.

Direction

Manuel Rendón Martos

Auteurs

Carlos Montes del Olmo
Manuel Rendón Martos
Lorenzo Varela Báez
María José Cappa Linares
Conseil scientifique
Carlos Montes del Olmo

Coordination de l'édition

Juan Manuel Salas Rojas

Photographie de couverture

Manuel Rendón Martos

Illustrations

Bernardo Rodríguez Lara

Conception

JESUS SANCHEZ, Servicios Corporativos

Mise en page et conception de la couverture

Jorge Chacón Lora

Traduction

AXIOMA SERVICIOS TRADUCCION Y CONSULTORIA SL

Impression

Tecnograhic S.L.

Copyright © des illustrations et des photographies des auteurs

Dépôt légal : SE 323-2014

Suggestions sur la façon dont le livre devrait être cité :

Montes, C., Rendón-Martos, M., Varela L. et Cappa M. J. 2007.
Manuel de restauration des zones humides méditerranéennes.
Ministère régional de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire.

Présentation

La richesse des milieux aquatiques méditerranéens a permis, depuis l'antiquité, de satisfaire les besoins des différentes civilisations qui ont su tirer profit de leurs ressources. Cependant, les bénéfices offerts par ces enclaves aussi singulières n'ont pas toujours été considérés à leur juste valeur. Les zones humides, dans de nombreuses régions de la Méditerranée, ont été asséchées et transformées à des fins agricoles ou urbaines, ou suite à des politiques visant à améliorer les conditions sanitaires par l'élimination de foyers de maladies comme le paludisme.

Actuellement, l'importance de préserver ces écosystèmes fragiles est reconnue par la société, et en particulier par les responsables de l'adoption de décisions et de la gestion du milieu naturel, ce qui a conduit à la mise en place de politiques visant à protéger, conserver et restaurer les zones humides. La Directive Cadre sur l'eau constitue la référence dans le domaine de la politique européenne de l'eau. À partir de la collecte d'informations et d'expériences à travers l'Europe et par le développement d'approches et de méthodologies communes, la Directive encourage la participation et la sensibilisation auprès de tous les acteurs concernés.

Dans cette perspective, et conscient de la responsabilité de conserver l'un des patrimoines de zones humides les plus riches et les plus variés d'Espagne et de l'Union européenne (l'Andalousie est la région qui possède le plus grand nombre, et la surface la plus élevée de zones humides protégées dans tout le pays, ainsi que de zones humides Ramsar), le gouvernement régional d'Andalousie a mis au point le Plan andalou des zones humides, un document cadre ayant pour objectif l'utilisation durable des zones humides d'Andalousie et le maintien de leur intégrité écologique. La finalité de ce document, qui définit la politique environnementale relative aux zones humides en Andalousie, est de « Préserver l'intégrité écologique des zones humides andalouses, en encourageant leur utilisation rationnelle, afin de maintenir, désormais et à l'avenir, leurs fonctions écologiques, socio-économiques, historiques et culturelles ». La conservation et la restauration écologique sont des concepts synonymes, qui font partie de la gestion des écosystèmes. Récupérer la fonctionnalité des zones humides détruites ou dégradées constitue par conséquent un objectif prioritaire du Plan andalou des zones humides. Pour ce faire, un programme d'action qui s'articule à travers des objectifs généraux et spécifiques ainsi que des actions, et notamment la restauration écologique des zones humides d'Andalousie dégradées, a été mis en place.

Dans cette même lignée, la réalisation du projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055, a représenté une étape importante ayant permis d'entreprendre une série d'actions démonstratives de conservation dans différentes zones humides d'Andalousie. Ce projet, exécuté entre 2003 et 2006, a impliqué des actions de restauration dans trois zones humides représentatives de l'ensemble des zones humides d'Andalousie, considérées Zones importantes pour la conservation des oiseaux, ZICO, et Sites d'intérêt communautaire, SIC, et comprises dans la liste des sites de la Convention RAMSAR : la Réserve Naturelle lagune de Fuente de Piedra, le Site Naturel marais littoraux de l'Odiel et les lagunes du sud de Cordoue.

En accord avec la philosophie de la Directive Cadre sur l'eau, sur le fait de promouvoir la diffusion des expériences et de favoriser l'échange à travers des ateliers, des séminaires et des projets comme celui-ci, il fut jugé utile de diffuser les connaissances acquises afin qu'elles puissent servir à d'autres projets de restauration. La plupart des expériences développées dans le monde sur la restauration des zones humides ont été réalisées dans des environnements côtiers ou intérieurs de la zone tempérée humide. Il existe par conséquent un vide quant aux informations conceptuelles et méthodologiques relatives aux stratégies de restauration écologique dans des plans d'eau soumis à de fortes fluctuations environnementales annuelles et interannuelles, comme c'est le cas des zones humides du bassin méditerranéen. De plus, les informations techniques sur la restauration des zones humides sont très dispersées et les informations disponibles sont souvent liées à des expériences locales qui ne sont pas toujours transposables à d'autres lieux.

Pour ces raisons, le projet Life compte parmi ses actions l'élaboration d'un Manuel technique de restauration des zones humides méditerranéennes, qui regroupe les projets financés par l'Union européenne à travers l'initiative Life.

Par la suite, dans le cadre du Programme opérationnel de coopération transfrontalière Espagne-Frontières extérieures (POCTEFEX), a été adopté le Projet 0087 « TRANSHABITAT » _2_E (développement durable de l'espace transfrontalier Réseau Natura 2000 et des habitats d'intérêt commun Andalousie-Maroc), qui est né du besoin manifeste d'unifier les critères de gestion des deux côtés du détroit de Gibraltar, surtout dans certains habitats d'intérêt transfrontalier.

Ce projet compte parmi ses activités le transfert d'expériences et de savoir-faire entre l'Espagne et le Maroc en matière de gestion et de conservation des habitats. À cet égard, et suite à la Directive Cadre sur l'eau mentionnée précédemment, il s'est avéré nécessaire de procéder à la traduction et d'éditer le Manuel technique de restauration des zones humides méditerranéennes en français, afin qu'il soit distribué auprès des gestionnaires et des techniciens marocains impliqués dans la gestion de zones humides. La présente publication est le fruit de cette initiative.

Enfin, ce manuel est issu de la collecte et de l'évaluation de données et d'informations sur les zones humides méditerranéennes, de l'étude de lignes directrices de gestion et de manuels de restauration, de l'incorporation d'expériences réalisées au cours des interventions successives mises en place en Andalousie dans des zones humides, et d'autres projets LIFE. Pour toutes ces raisons, nous espérons que ce manuel serve de cadre de référence pour entreprendre des actions conjointes et coordonnées en vue de la restauration d'autres zones humides dans le bassin méditerranéen.

Manuel Rendón Martos

9	1.	Introduction
9	1.1	Historique
9	1.2	Objectifs du manuel
10	1.3	À qui s'adresse ce manuel
10	1.4	Brève description des contenus
11	2.	Les zones humides méditerranéennes
11	2.1	Caractéristiques générales, définition et typologie
14	2.2	Fonctions et services écologiques de zones humides
16	2.3	La conservation des zones humides
18	3.	Restauration écologique des zones humides
18	3.1	Concepts et définitions
20	3.2	Directive cadre sur l'eau et restauration de l'état écologique des zones humides
23	3.3	Dégradation des zones humides. Causes et effets
26	3.4	La nécessité de restaurer. Les zones humides considérées comme un capital naturel
27	4.	Le projet de restauration : phases et expérience dans le milieu méditerranéen
27	4.1	Étapes de la restauration
30	4.1.1	Planification
35	4.1.2	Définir les buts et les objectifs
36	4.1.3	Préparation des étapes ultérieures
37	4.1.3.1	Parties prenantes et participation du public
39	4.1.4	Mise en œuvre
40	4.1.4.1	Sensibilisation à l'environnement
41	4.1.4.2	Techniques de restauration des zones humides
45	4.1.4.2.1	Régime hydrologique
49	4.1.4.2.2	Qualité des eaux
55	4.1.4.2.3	Géomorphologie et sols
65	4.1.4.2.4	Faune et flore
84	4.1.5	Surveillance de la restauration
85	4.1.5.1	Conception d'un programme de surveillance
89	4.1.5.2	Évaluation du succès de la restauration
97	4.1.5.3	La gestion à moyen et long terme
100	5	Projets de restauration de zones humides méditerranéennes
100	5.1	Cas d'étude
100		Marais littoraux
102		<i>Marais littoraux de la lagune de Venise</i>
104		<i>Parc de la Maremma</i>
106		<i>Marais littoraux de Rodia</i>
108		<i>Marais littoraux de l'Odiel</i>
110		<i>Marais littoral halophile de La Pletera</i>
112		<i>Marais littoral d'Entremuros du corridor vert du Guadiamar</i>
114		<i>Marais littoraux de Doñana</i>
118		Lagunes côtières
120		<i>Lagune de Ter Vell</i>
122		<i>Lagune de Pylos</i>
124		<i>Lagunes Logarou, Tsoukalio et Rodia</i>
126		<i>Lagune de La Encanyssada</i>

128		<i>Zone humide de Pujaira-Cabo de Gata</i>
130		<i>Stagno di Cagliari</i>
132		Deltas
134		<i>Delta de l'Ebre</i>
136		<i>Delta de l'Evrotas</i>
138		<i>Île de Buda</i>
140		Etangs littoraux
142		<i>Etangs littoraux d'Adra</i>
144		Plaines d'inondation
146		<i>Zones humides du fleuve Sile</i>
148		<i>Vallée du Mincio</i>
150		<i>Forêt galerie de l'île de Buda</i>
152		<i>Plaine alluviale du corridor vert du Guadiamar</i>
154		Lacs
156		<i>Lac de Banyoles</i>
158		<i>Lac Nestos</i>
160		<i>Réserve naturelle Tevere-Farfa</i>
162		Tourbières
164		<i>Tourbière calcaire du lac Trichonis</i>
166		Zones humides endoréiques et steppiques
168		<i>Lagune de Fuente de Piedra</i>
172		<i>Lagunes de La Nava et Boada</i>
174		<i>Lagune de Gallocanta</i>
176		<i>Projet Zones humides durables</i>
178		<i>Lagunes de Villafáfila</i>
180		<i>Zones humides de Villacañas</i>
182		<i>Lagunes du sud de Cordoue</i>
186		<i>Mares temporaires de Minorque</i>
188		<i>Lagunes temporaires méditerranéennes</i>
190		Sources
192		<i>Fleuve Stella</i>
194		Zones humides artificielles
196		<i>Zone humide artificielle de Tordera</i>
198		<i>Projet macrophytes</i>
200		<i>Lac artificiel de Tavropos</i>
202		<i>Anciennes gravières du corridor vert du Guadiamar</i>
204		Marais salants
206		<i>Marais salants de Cabo de Gata</i>
208		<i>Parc naturel de la baie de Cadix</i>
210	5.2	Analyse comparative
214	6.	Conclusions
214	6.1	Enseignements
215	6.2	Principes de base pour la mise en œuvre d'un projet de restauration écologique de zones humides
216		Bibliographie
224		Glossaire
228		Sites Internet
231		Acronymes
232		Remerciements
233		Photographies

1. Introduction

1.1 Historique

Dans les dernières décennies les études zones humides ont acquis une grande importance, après la reconnaissance du rôle écologique significatif de ces dernières dans le contrôle de processus biophysiques d'une part, et de leur fonction en tant que source de services environnementaux à la société, qui influe sur son bien-être d'autre part. Ceci a conduit à l'établissement de politiques visant à protéger, conserver et gérer ce flux de services à la société. La Directive cadre sur l'eau constitue la référence au niveau européen. Elle établit un cadre d'action communautaire pour la protection des eaux intérieures, des eaux de transition, des eaux côtières et des eaux souterraines. Depuis son adoption elle s'est distinguée en tant qu'élément législatif novateur en élargissant la portée de la protection à toutes les eaux : rivières, lacs, eaux côtières et eaux souterraines. Elle constitue également un projet ambitieux, puisque son principal objectif est d'assurer « le bon état écologique » de toutes les eaux d'ici 2015.

L'exécution de la directive représente un défi complexe pour les Etats membres de l'Union européenne qui se trouvent dans le programme LIFE, seul instrument financier de l'Union européenne dédié exclusivement à contribuer à l'application, la mise à jour et le développement de la politique environnementale communautaire, un outil précieux pour la mise en œuvre de la nouvelle politique européenne sur l'eau.

Dans cette même lignée, la réalisation du projet LIFE-Nature « Conservation et restauration de zones humides en Andalousie », a permis d'entreprendre une série d'actions démonstratives de conservation dans différentes zones humides d'Andalousie. Concrètement, trois écosystèmes représentatifs de l'ensemble varié de zones humides d'Andalousie classées Zones de Protection Spéciale pour les oiseaux (ZPS) et comprises dans la liste des zones humides d'Andalousie bénéficiant de la convention de Ramsar ont été restaurés : la réserve naturelle Laguna de Fuente de Piedra, la réserve naturelle Lagunas del Sur de Cordoue et le site naturel et réserve de biosphère des Marais de l'Odiel.

L'élaboration de ce manuel technique de restauration des zones humides à la charge de ce même projet Life Nature est issue de l'analyse comparée de ces expériences avec d'autres projets LIFE et d'exemples positifs mis au point dans d'autres zones humides d'Andalousie. Ce manuel est basé sur l'information et les expériences recueillies dans différentes zones humides méditerranéennes afin de favoriser l'échange d'expériences et de projets tels que celui-ci.

L'Andalousie, avec une surface qui maintient environ 56 % de l'extension totale des zones inondables, constitue la région de l'État espagnol qui a le plus protégé les zones humides, aussi bien en termes de nombre que de surface, de sorte qu'il existe des zones humides comprises ou classées Parc Naturel, Parc National, Site et Réserve Naturels. Cette richesse naturelle a conduit à l'élaboration d'une réglementation environnementale visant la protection juridique et l'utilisation durable des zones humides d'Andalousie, parallèlement à l'élaboration du Plan andalou des zones humides (PAH), qui depuis son adoption constitue un instrument fondamental afin d'assurer la protection, la conservation et la restauration des écosystèmes humides, la considération de la part du public et l'exploitation durable des ressources.



1.2 Objectifs du manuel

Ce manuel contient différentes actions menées dans les zones humides par le biais de projets Life et d'autres expériences de restauration au niveau de la Méditerranée. L'objectif fondamental de celui-ci est de fournir des outils utiles sur les techniques de restauration et les actions visant le rétablissement de l'intégrité écologique des zones humides méditerranéennes. Dans un sens large, par restauration, il faut entendre l'ensemble des activités menées pour rétablir, dans la mesure du possible, la fonctionnalité des écosystèmes ou, à défaut, pallier la dégradation subie, mais qui permettent, dans tous les cas, d'améliorer la condition de l'état écologique d'une zone humide et/ou prévenir sa dégradation.

La nature propre à chaque zone humide, les conditions dans lesquelles elle est affectée, le type de dégradation existant et d'autres raisons, rendent impossible la création d'un protocole unique d'application standard, chaque projet de restauration étant différent, et en particulier pour la zone humide objet d'étude. Cependant, face à cette spécificité de chaque projet de restauration, il existe un certain nombre d'aspects communs, et en même temps essentiels, qui forment une base pour obtenir un résultat satisfaisant. Le manuel rassemble ces principes et buts, objectifs et règles générales, ainsi que l'orientation nécessaire à la planification d'un projet de restauration.

Les objectifs particuliers du manuel sont :

- Élaborer une série de lignes directrices pour la restauration écologique des zones humides méditerranéennes, qui facilite la prise de décisions pour le personnel technique dans l'établissement de programmes de ce type.
- Fournir des techniques, des actions et des éléments pour le rétablissement de la fonctionnalité de ces écosystèmes.
- Diffuser et évaluer les résultats de projets de restauration menés à bien dans différentes zones humides du bassin méditerranéen.
- Familiariser des personnes non initiées aux questions de base de restauration de zones humides, dans les processus de planification, de mise en œuvre et de suivi qu'impliquent les programmes de restauration.

1.3 À qui s'adresse ce manuel

Ce manuel a pour but de diffuser les expériences de restauration effectuées dans différentes zones humides méditerranéennes, afin qu'elles puissent servir d'exemples au personnel spécialisé, représentants de différents collectifs ou responsables de la gestion des zones humides pour entreprendre des actions communes et coordonnées en vue de la restauration de ces systèmes. Y sont décrits les contenus et les phases d'un projet de restauration, basé sur l'écologie de ces écosystèmes de zones humides :

- Définition, fonctions et valeurs des zones humides en général et de celles de la Méditerranée en particulier
- Principes de restauration, concepts et définitions
- Critères d'évaluation des zones humides
- Analyse de la problématique de la conservation des zones humides
- Identification et caractérisation des causes de leur dégradation environnementale
- Diagnostic de la situation actuelle

La première étape pour réaliser la prise de conscience de la population et accroître l'intérêt pour préserver ces écosystèmes fragiles et précieux consiste en la connaissance de la diversité des zones humides méditerranéennes, de leurs valeurs écologiques, socioéconomiques et historico-culturelles, ainsi que de la nécessité de leur conservation et restauration.

1.4 Brève description des contenus

La collecte et l'évaluation de données et d'informations sur les zones humides méditerranéennes, l'étude de guides de gestion et de manuels de restauration, l'incorporation d'expériences obtenues au cours des interventions successives réalisées en Andalousie dans des zones humides et l'apport d'exemples pratiques provenant d'autres projets LIFE ont été nécessaires à la réalisation de ce manuel.

La structure du manuel se reflète dans la figure 1, sous la forme d'un diagramme montrant les principaux aspects mis en avant. Les contenus apportent des informations sur les zones humides, les débuts de la pratique de la restauration et la réhabilitation de zones dégradées, les processus impliqués et les phases d'un projet de restauration de zones humides, des actions concrètes, des lignes de travail, etc.

Les annexes contiennent des références, sites Internet, expériences et autres ressources qui aideront à trouver des informations supplémentaires ou des conseils pour entreprendre des projets de restauration, de récupération et de restauration de zones humides.

Trois sections peuvent être distinguées dans le manuel. La première d'entre elles vise à établir des concepts relatifs à l'écologie des zones humides et la restauration écologique. La seconde évoque de façon détaillée la conception d'un projet de restauration, avec toutes les étapes qui le composent et les techniques applicables, ainsi que des exemples pratiques et des expériences qui viennent renforcer les connaissances théoriques. Enfin, et à partir des expériences et des informations recueillies dans les chapitres précédents, seront mis en avant les aspects à prendre en considération dans la formulation d'un projet de restauration. Comparer les informations provenant d'autres expériences de restauration réalisées dans des situations similaires nous permet de créer un plan détaillé qui définit les méthodes et les lignes de travail à respecter pour obtenir une restauration réussie.

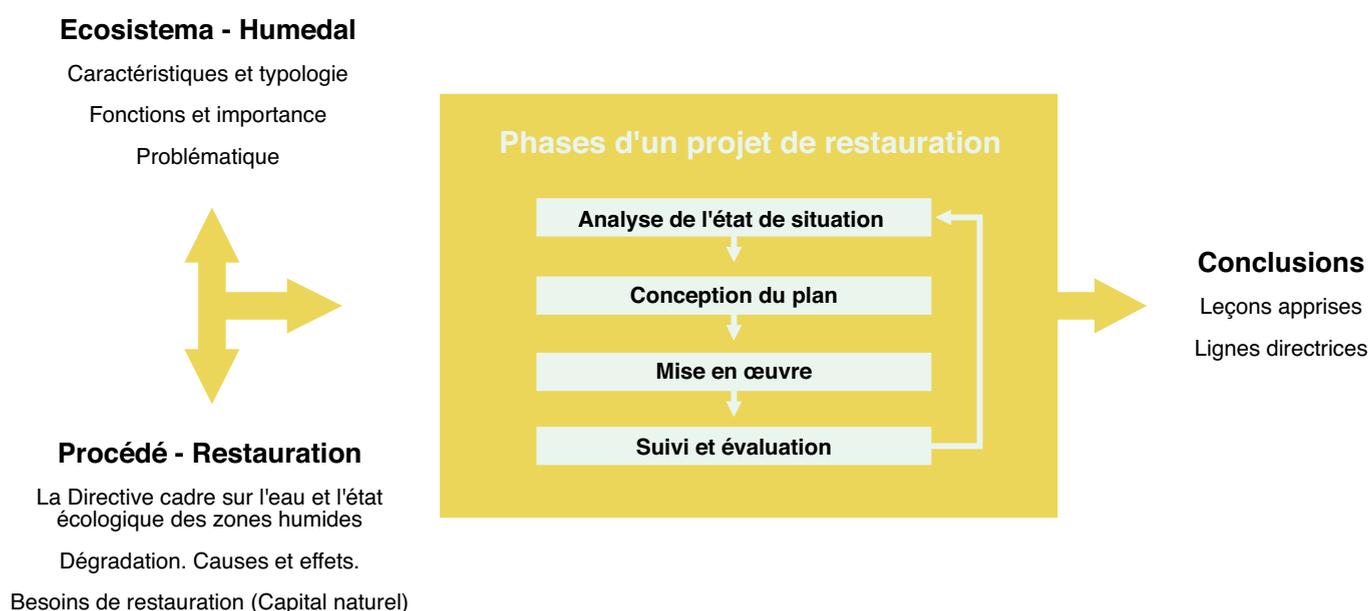


Figure 1. Structure du manuel

2. Les zones humides méditerranéennes

Le bassin méditerranéen héberge une grande diversité de milieux aquatiques, beaucoup d'entre eux étant le produit de l'interaction avec l'homme tout au long de l'Histoire, qui a donné lieu à une variété étendue de paysages : lagunes, bassins, mares, deltas, marais, étangs littoraux, marais salants, rizières, ravins, torrents, etc.

Les zones humides constituent des agents diversifiant le paysage, des réserves d'eau inestimables et un refuge pour une faune qui, sans elles, serait très difficile à observer (Cardelús et al., 1996).

Cependant, les bénéfices offerts par ces enclaves aussi singulières n'ont pas toujours reçu un accueil favorable. Les zones humides, dans de nombreuses régions de la Méditerranée, ont subi d'importantes diminutions en terme de surface, du fait d'être asséchées et transformées au profit de l'étalement urbain ou de zones de culture agricole, ou bien en conséquence de politiques destinées à améliorer les conditions sanitaires en éliminant des foyers de maladies comme le paludisme.

La méconnaissance de l'importance des zones humides dans toutes les couches de la société, et en particulier parmi les responsables de l'adoption de décisions et de la gestion de projets, a grandement contribué à la perte de zones humides. (Ramsar, Convention Bureau, 1998).

Durant les dernières décennies, les études sur les zones humides ont pris une grande importance, après avoir clairement démontré leur rôle écologique significatif en tant que source de richesse durable. Cela a conduit à la mise en place de politiques destinées à protéger, conserver et gérer ces ressources.



2.1 Caractéristiques générales, définition et typologie

Le bassin méditerranéen se distingue par sa grande variété de zones humides. Parmi les zones humides de sa morphologie se trouvent des estuaires, deltas, marais, lacs, oasis, plaines inondables, marais salants naturels et artificiels et des réservoirs (Pearce & Crivelli, 1994).

Ces écosystèmes connaissent une diversité considérable en termes d'origine, situation géographique, régime aquatique et chimique, caractéristiques du sol ou des sédiments et végétation dominante (Hauenstein et al.) 1999).

Malgré cette hétérogénéité, les zones humides méditerranéennes ont en commun une série de caractéristiques, comme par exemple la temporalité du régime hydrologique : de nombreuses zones humides souffrent de fluctuations importantes dans les apports d'eau, ce qui les amène à se dessécher pendant l'été. Ce caractère saisonnier est influencé par le climat méditerranéen : des saisons très marquées, des étés secs, un régime pluviométrique irrégulier, etc. Les autres caractéristiques sont : une topographie très plate ou légèrement déprimée et une nappe phréatique proche de la surface.

Le Plan andalou des zones humides donne la définition suivante du terme zone humide : « Une zone humide est un écosystème ou une unité fonctionnelle à caractère principalement aquatique, qui sans être un fleuve, un lac ou un milieu marin, constitue, à la fois dans l'espace dans le temps, une anomalie hydrologique positive en comparaison avec son environnement plus sec. La convergence hiérarchique des facteurs climatiques et hydro-géomorphologiques entraîne des conditions récurrentes d'inondation avec des eaux peu profondes, permanentes, saisonnières ou erratiques et/ou des conditions de saturation près ou sur la surface du sol en raison de la présence d'eaux souterraines, suffisamment importantes pour affecter les processus bio-géo-physicochimiques de la zone en question. »

Le caractère méditerranéen des zones humides d'Andalousie permet d'étendre cette définition au reste des zones humides méditerranéennes. De plus, cette définition comporte deux aspects essentiels de la notion de zone humide. Il s'agit d'une part d'un système écologique, dans lequel est prise en considération la complexité des interactions biophysiques qui ont lieu dans ces systèmes et c'est d'autre part un écosystème ayant quelques limites géographiques définies.

Les essais de classification et de description des zones humides méditerranéennes sont très nombreux. Le projet de l'Union européenne « Action coordonnée en faveur des zones humides méditerranéennes MEDHUM », projet MedWet (1996) (sous-projet MEDHUM-GESTION), par le biais de son exécution par l'ancien Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation (actuel Ministère de l'Environnement), utilise un critère de classification de type fonctionnel, en différenciant notamment les environnements : marais, lacs, lagunes côtières, plaines fluviales inondables, complexes endoréiques et steppiques, deltas, oasis, chotts et sebkas, sources et résurgences, torrents/oueds, rizières, marais salants et tourbières.

Ce système, ainsi qu'une classification antérieure de l'UICN (1992), a servi de base pour la réalisation d'une classification de la part du Plan stratégique espagnol pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides (1997-2000). La classification adoptée par ce Plan stratégique est la suivante :

Types de zones humides modifiés d'après l'UICN (1992) et MedWet (1996)

- Estuaires
- Lits de cours d'eau et prairies submergées
- Deltas
- Étangs littoraux et bassins côtiers
- Plaines inondables
- Lacs
- Zones humides saisonnières d'eau douce
- Marais halophiles
- Sources
- Réservoirs
- Marais salants
- Autres zones humides artificielles (rizières, bassins d'aquaculture, gravières, etc.)

La classification des zones humides méditerranéennes MedWet est une liste hiérarchique des milieux des zones humides, basée sur le système de classification des zones humides des États-Unis (Cowardin et al. 1979) à laquelle des modifications ont été apportées afin de prendre en compte la variété des milieux des zones humides de la Méditerranée. Cette classification définit cinq systèmes (marin, estuarien, fluvial, lacustre et palustre), qui sont sous-divisés en sous-systèmes (cotidal, limnétique, littoral), les sous-systèmes sont eux-mêmes divisés en classes (aquifères, résurgences, lits de cours d'eau) et sous-classes (persistant ou non persistant au sein de la classe émergente).

Le système de classification des types de zones humides de la Convention de Ramsar, comme le précédent, est basé sur la classification nationale des zones humides aux États-Unis. Elle a été modifiée à plusieurs reprises depuis son introduction en 1989, pour incorporer d'autres milieux sources d'intérêt pour les parties contractantes à la Convention de Ramsar. Les catégories figurant dans cette classification visent seulement à fournir un cadre très grand qui facilite l'identification rapide des principaux milieux des zones humides représentés à chaque endroit.

La méthode de classification hydrologique des zones humides d'Andalousie (Plan andalou des zones humides ; CMAJA, 2002) consiste à décrire l'hydrologie des zones humides à l'aide de quatre facteurs principaux (origine de l'eau, mode de vidange, hydropériode et taux de renouvellement) et deux facteurs complémentaires (hydrochimique et hydrodynamique) (Manzano et al., 2002). Il s'agit d'une classification à caractère génético-fonctionnel, basée sur des composants géomorphologiques et hydrologiques, mais sans oublier la composition et la structure des communautés biologiques, étant en cohérence avec le concept et la définition des zones humides adoptés. C'est une classification nouvelle, puisqu'elle prend en compte l'origine des cuvettes des zones humides et les façons dont ces dernières sont approvisionnées en eau ; permettant ainsi d'agir sur les causes de dégradation et non seulement sur les effets, au moment d'exécuter un programme sur la conservation ou la restauration. De plus, elle considère le bassin comme une unité fondamentale pour assurer une gestion efficace de ces écosystèmes.

Les différents cas étudiés, évoqués dans le présent manuel, ont été classés en suivant comme modèle la proposition du Plan andalou des zones humides, bien qu'il ait opté pour une classification simplifiée, de type fonctionnel, basée sur celle utilisée dans le Plan stratégique espagnol pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides (1997-2000) et modifiée d'après l'UICN (1992) et MedWet (1996). (Tableau 1).



Lagune saline à Cabo de Gata



Lagune Amarga



Lagune sèche durant la saison estivale. Cette étape fait partie de son cycle hydrologique naturel. Fuente de Piedra

Tableau 1. Classification génético-fonctionnelle des zones humides.

Zones humides du littoral méditerranéen				
Type de zone humide	Processus morphodynamique	Modèle d'alimentation	Hydropériode	Exemple de zone humide
Lagunes littorales	Dunaires, phréatico-éoliens et alluvio-éoliens	Hypogène, épigénique ou mixte	Permanente ou temporaire	Lagune de Pylos. Grèce
Deltas	Deltaïques, alluviaux et cotidaux	Hypogène ou mixte	Permanente ou temporaire	Delta de l'Ebre. Espagne
Marais	Alluviaux, cotidaux et de grèves-dunes	Eaux marines, continentales ou mixtes	Permanente ou temporaire	Marais de l'Odiel. Espagne
Étangs littoraux	Deltaïques, alluviaux et cotidaux	Hypogène ou mixte	Permanente	Étang littoral d'Adra. Espagne

Zones humides continentales de la Méditerranée				
Type de zone humide	Processus morphodynamique	Modèle d'alimentation	Hydropériode	Exemple de zone humide
Plaines inondables	Alluviaux	Mixte	Permanente ou temporaire	Zones humides de la rivière Sile. Italie
Lacs	Karstiques ou pseudokarstiques et alluviaux	Hypogène ou mixte	Permanente	Lac Nestos. Grèce
Lagunes steppiques	Karstiques ou pseudokarstiques et alluviaux	Hypogène, épigénique ou mixte	Permanente ou temporaire	Fuente de Piedra. Espagne
Sources	Karstiques et alluviaux	Hypogène ou mixte	Permanente ou temporaire	Sources du fleuve Stella. Italie
Tourbières	Tectoniques et tourbification	Hypogène ou mixte	Permanente ou temporaire	Tourbières calcaires du lac Trichonis. Grèce

Zones humides continentales de la Méditerranée				
Type de zone humide	Processus morphodynamique	Modèle d'alimentation	Hydropériode	Exemple de zone humide
Réservoirs	Anthropiques	Épigénique de drainage ouvert	Permanente ou temporaire	Réservoir du lac Travopos. Grèce
Gravières	Anthropiques	Hypogène, cotidal ou mixte de drainage ouvert	Permanente ou temporaire	Gravières du corridor vert du Guadiamar. Espagne

Zones humides culturelles				
Marais salants traditionnels				Exemple de zone humide
Géomorphologiquement elles peuvent correspondre ou non à d'anciennes zones humides, aussi bien continentales que littorales ; hydrologiquement les zones humides continentales sont épigéniques ou mixtes, de drainage ouvert ou mixte ; et les zones humides littorales d'apports marins, de drainage fermé et permanents.				Marais salants de Cabo de Gata. Espagne

Adapté de MedWet (1996) et du Plan andalou des zones humides (2004).

2.2 Fonctions et services écologiques des zones humides

Les zones humides du bassin méditerranéen se distinguent par leur grande valeur écologique, sociale et économique.

D'un point de vue écologique, les zones humides méditerranéennes jouent un rôle particulier, du fait de leur position stratégique, en tant que refuge pour les oiseaux au cours de leurs itinéraires de migration. Ils servent également d'abri pour les animaux qui utilisent leurs environnements pour se reproduire ou se nourrir. De la même façon, leur importance dans le maintien du microclimat et leur contribution au captage et l'émission de carbone a été démontrée.

Du point de vue social, tout au long de l'Histoire et aujourd'hui encore, les zones humides ont été associées à une grande diversité de cultures et de peuples qui dépendent d'elles pour assurer leur subsistance. Actuellement, la beauté de leurs paysages et la diversité de leurs environnements constituent une excellente ressource pour les loisirs et le tourisme.

Il existe de nombreuses activités économiques liées aux zones humides : pêche, chasse, production de sel, culture du riz... ce qui implique des bénéfices pour les habitants et pour les populations situées en aval et sur la côte.

L'UICN (1992) a réalisé une classification des bénéfices issus des interactions complexes qui se produisent entre les composants des zones humides, en les différenciant en produits (les bénéfices directement exploitables par l'Homme et dont sont obtenus un bénéfice économique), fonctions (ceux dérivés de façon indirecte, à partir des interactions entre les composants biotiques et abiotiques de la zone humide) et attributs (les composants qui ont une importance intrinsèque et non quantifiable, c'est-à-dire, qui ont une propre valeur, même s'ils peuvent mener à certaines utilisations ou à l'obtention de produits particuliers).

Le tableau 2 résume les principales fonctions, produits et attributs des zones humides méditerranéennes. Dans certains cas, elles ont disparu ou sont gravement endommagées, l'intégrité de la zone humide étant affectée.

Aujourd'hui, malgré toutes les qualités positives qui caractérisent ces écosystèmes, notamment leur grande biodiversité et productivité et leurs fonctions, produits et attributs, ils se distinguent également comme l'un des écosystèmes les plus affectés (Kusler et al. 1994, Moller & Muñoz, 1998). Une récente étude intitulée Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire (EEM), publiée par l'Organisation des Nations Unies, met en garde contre les dangers découlant de la perte de ces écosystèmes pour le bien-être de l'humanité, si des actions destinées à arrêter leur détérioration progressive ne sont pas mises en œuvre.



Filtre vert, créé dans le cadre du projet LIFE « Aquifère de Tordera »



Marais salants de Santa Gilla, Sardaigne

Tableau 2. Valeurs des systèmes aquatiques selon le type.

Type de zones humides	Estuaires	Lits de cours d'eau et prairies submergées	Deltas	Étangs littoraux et bassins côtiers	Plaines inondables	Lacs	Zones humides saisonnières d'eau douce	Marais halophiles	Sources	Réservoirs	Marais salants	Autres zones humides artificielles (rizières, gravières, bassins aquaculture)
Valeurs												
Fonctions												
Recharge des aquifères	A	A	P	A	1	1	P	A	A	P	A	P
Décharge des aquifères	P	A	P	P	P	P	P	P	1	A	A	P
Maîtrise des inondations	A	A	P	A	1	1	1	P	A	1	A	P
Stabilisation de la ligne côtière et maîtrise de l'érosion	1	P	1	1	P	A	A	A	A	A	P	A
Rétention de sédiments et/ou de substances toxiques	1	A	1	P	1	1	1	P	A	1	A	P
Rétention de nutriments	1	A	1	P	1	1	1	A	A	1	A	A
Exportation de biomasse	P	A	1	1	1	P	P	A	A	A	A	P
Protection contre les tempêtes	1	A	1	1	A	A	A	A	A	A	P	A
Stabilisation de microclimats	A	A	P	P	P	P	P	A	A	P	A	A
Transport d'eau	1	A	P	1	P	P	A	A	A	A	A	A
Activités de loisirs et tourisme	1	1	1	1	P	1	1	P	P	P	A	P
Produits												
Ressources végétales et forestières	A	P	P	P	1	A	1	A	A	A	A	A
Flore et faune sauvages	1	1	1	1	1	1	1	P	P	P	P	P
Pêcheries	1	1	1	1	1	1	1	A	A	P	A	P
Pâtures et ressources fourragères	1	A	1	A	1	A	1	P	P	A	A	P
Ressources agricoles	P	A	1	A	1	A	1	A	P	1	A	1
Ressources minérales	A	A	A	P	P	A	A	A	P	A	1	P
Approvisionnement en eau	A	A	1	A	1	1	P	A	1	1	A	P
Attributs												
Diversité biologique	1	1	1	P	1	P	1	1	P	P	P	P
Patrimoine culturel	1	P	1	1	P	P	1	1	1	A	P	A
Légende :	A = Absent			P = Présent			1 = Important					

Adapté de MedWet (1996) et du Plan andalou des zones humides (2004).

Cette nouvelle étude examine les écosystèmes comme un complexe de communautés vivantes (y compris les communautés humaines) et l’environnement non vivant (composants des écosystèmes) qui interagissent (par le biais des processus écologiques) comme une unité fonctionnelle qui fournit, entre autres, une variété de bénéfices pour les êtres humains (services des écosystèmes). Parmi ces services des écosystèmes se trouvent l’approvisionnement, la régulation et les services culturels, qui affectent directement les populations et les services de soutien, qui sont nécessaires pour maintenir ces services. Dans le rapport de synthèse préparé par l’EEM pour la Convention Ramsar sont décrits les services fournis par les écosystèmes des zones humides et les valeurs qui, dans le cadre de la convention de Ramsar font référence aux produits, fonctions et attributs, étendus par l’inclusion des valeurs culturelles. Tableau 3.

2.3 La conservation des zones humides

Pendant des siècles, les zones humides méditerranéennes ont subi les activités exercées par l’Homme.

La Belgique, la France, la Grèce, l’Italie, les Pays-Bas et l’Espagne ont perdu plus de 50 % de leurs zones humides originales, ce chiffre atteignant 90 % dans certaines régions, par exemple celle de la Flandre (Belgique). Certains types spécifiques de zones humides, notamment les plaines inondables et les zones marécageuses d’eau douce, présentent des indices de perte encore plus élevés.

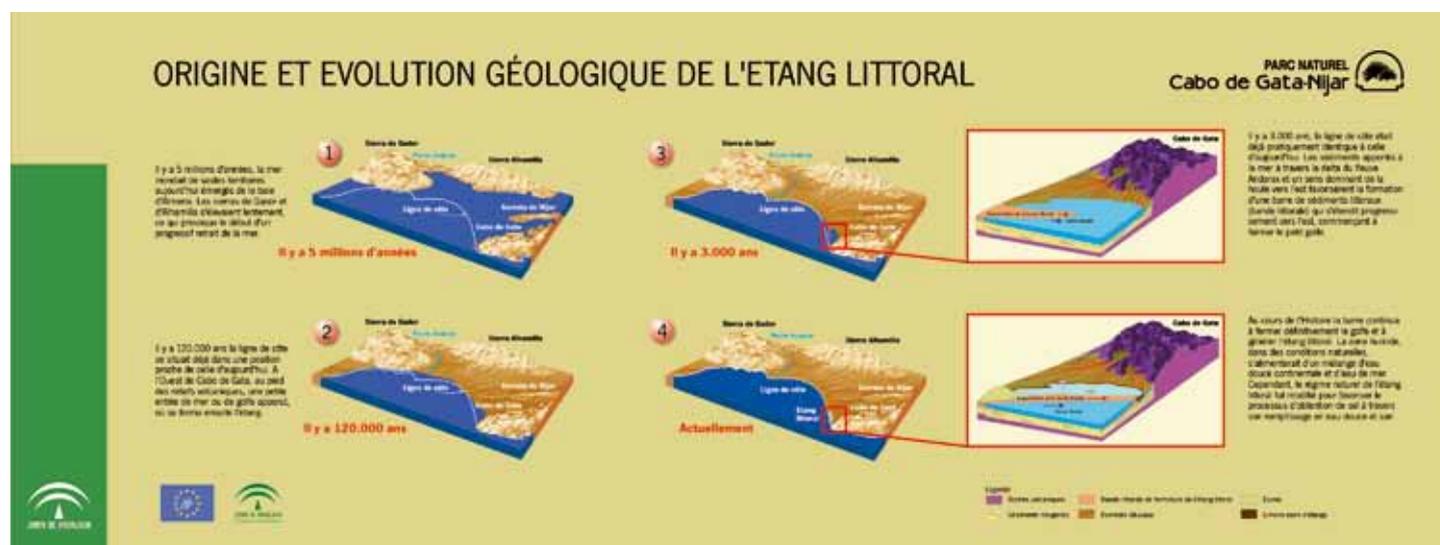
La perte et la dégradation des zones humides est due à des pressions économiques, aux activités humaines, au manque de coordination des interventions administratives et législatives, ainsi qu’à la méconnaissance du public et des autorités concernant les fonctions et l’importance des zones humides.

Les modifications introduites dans les systèmes aquatiques comme conséquences des activités anthropogéniques endommagent gravement la santé des zones humides et, par conséquent, en réduisent les bénéfices économiques et environnementaux qui en sont extraits. (Tableau 4).

Tableau 3. Rapports des bénéfices offerts par les quatre catégories de services des écosystèmes appliqués aux écosystèmes des zones humides.

Services d’approvisionnement	Services de régulation	Services culturels	Services de soutien
Produits obtenus des écosystèmes des zones humides: Aliments - Eau douce - Fibres et combustibles - Ressources génétiques - Produits biochimiques	Bénéfices obtenus de la régulation des processus des écosystèmes des zones humides: - Régulation du climat - Régimes hydrologiques - Protection contre l’érosion - Réduction du risque de catastrophes naturelles - Maîtrise de la pollution et processus d’élimination de la toxicité	Bénéfices matériels et non matériels obtenus des écosystèmes des zones humides: - Spirituels et d’inspiration - De loisirs - Esthétiques - Éducatifs - Objets historiques - Moyens de subsistance et connaissances traditionnelles	Services nécessaires à la génération de tous les autres services des écosystèmes: - Formation de sol - Cycle des nutriments - Production primaire

Modifié de Millenium Ecosystem Assesment, 2003.



L'éducation à la fragilité des écosystèmes est vitale pour éviter la perte des zones humides

Tableau 4. Zones humides méditerranéennes et état de conservation de leurs fonctions.

Fonction de la zone humide	Conservée	Perdue ou sérieusement endommagée
Recharge d'aquifère	Sebkhet, Kelbia, Tunisie Megali, Prespa, Grèce	Garaet el Haouaria, Tunisie Plaine inondable du fleuve Acheloos, Grèce
Décharge d'aquifère	Merja Zerga, Maroc Delta Goksu, Turquie	Tablas de Daimiel, Espagne Marais Phassouri, Chypre Partes de La Vera, Doñana, Espagne Oasis Azraq, Jordanie
Maîtrise des inondations	Lac Fetzara, Algérie Lacs Volvi et Langada, Grèce Réserve Sidi Saad, Tunisie	Plaine inondable et delta du Pô, Italie Plaine inondable Fleuve Strymon, Grèce Garaet Mabtouha, Tunisie Vallée du Bas Mondego, Portugal
Rétention de sédiments / substances toxiques	Lac Hula, Israël Lac Kerkini, Grèce	Delta du Kizillmak, Turquie Fleuve Jucar, Valence, Espagne
Rétention de nutriments	Marais Mekhada, Annaba, Algérie Etang littoral de Majorque, Espagne	Delta de l'Axios, Grèce
Stabilisation de la ligne de côte	Lacs du Languedoc-Roussillon, France	Delta du Nil, Egypte
Transport d'eau	Lac Grado-Marano, Italie Fleuve Rhône, France Lac de Bizerte, Tunisie	Utique, Tunisie
Support de la chaîne alimentaire	Islas Kneiss Mudflats, Tunisie Lac Akgol, Turquie	Bassin de Molentargius, Sardaigne, Italie
Habitat de vie sauvage	Lac Tonga, Algérie Mikri Prespa, Grèce Estuaire du Tage, Portugal	Ichkeul, Tunisie Lac Bardawil, Egypte
Activité de loisirs	Camargue, France Lac Skadar, Monténégro	Bassin de Santa Gila, Sardaigne, Italie

Activité de loisirs

Actuellement, la préoccupation pour la sauvegarde de ces fonctions se manifeste dans la mise en place de projets de restauration dans toutes les régions du monde. Parmi les projets de restauration réalisés pour rétablir les fonctions et les bénéfices des zones humides, se trouvent (Skotte, 1999) :

- Restauration de zones de pêche et de pâturage : plaine alluviale de Waza Logone, Cameroun.
- Restauration pour maîtriser les inondations : Bas Rhin aux Pays-Bas et en Allemagne et lac Fetzaraire en Algérie.
- Stockage de l'eau : Oasis d'Azraq, Jordanie.
- Stabilisation de la côte, protection contre les tempêtes et la pêche : restauration des mangroves en Malaisie, Thaïlande, Bangladesh, Australie, Philippines, Indonésie, Inde, Vietnam et Chine.
- Rétention et élimination de nutriments : programme mondial de restauration de zones humides au Danemark pour éliminer des nitrates afin de réduire l'eutrophisation des zones marines ; lagune côtière Etang de l'Or, France ; Lac Hula, Israël.
- Protection des eaux douces, eaux souterraines et ressources des sols contre la salinisation : restauration de la lagune Katarapko et d'autres zones humides en Australie et de zones humides côtières au Danemark pour empêcher l'intrusion d'eau salée ; Lac Karla, Grèce.
- Restauration ou réhabilitation de zones humides pour encourager la conservation de la biodiversité et/ou promouvoir les loisirs / le tourisme : lac Hornborga et lac Draven, Suède ; restauration de plaines alluviales en Autriche ; marais des Everglades de Floride, Etats-Unis ; Complexe de zones humides de Molentargius, Italie ; et bien d'autres.
- Restauration de deltas de fleuves importants dont l'extension diminue progressivement : delta du fleuve Louisiane (Etats-Unis).

Depuis la Conférence de Grado, en 1991, qui a donné lieu à la mise en place de l'initiative MedWet, aucune évaluation des zones humides méditerranéennes n'avait été exécutée sur la base de l'ensemble du bassin. Cela a conduit à la réalisation en 2004, avec la contribution de l'équipe MedWet, d'une « Evaluation qualitative de l'état des zones humides méditerranéennes ».

L'évaluation a été conçue pour compléter l'inventaire quantitatif des zones humides, et le travail d'évaluation a été mené à l'aide de méthodologies d'inventaire de MedWet, qui jusqu'ici n'avaient pas été disponibles pour l'analyse au niveau du bassin méditerranéen.

Les conclusions tirées de l'étude indiquent que les zones humides méditerranéennes continuent à subir un processus de dégradation, suite au développement d'activités anthropogéniques. Ce processus est plus accusé dans les zones humides côtières que dans les zones continentales. Est reconnue également la valeur des programmes de conservation et la sensibilisation auprès des populations locales pour éviter la perte de zones humides.

Voici les conclusions extraites de l'évaluation :

- Bien que l'état de certaines zones humides de la Méditerranée se soit amélioré au cours des 13 dernières années, celui de beaucoup d'autres s'est détérioré.
- On considère qu'actuellement il existe plus de zones humides méditerranéennes en train de se détériorer qu'au cours des 13 dernières années.
- Les actions de gestion de la conservation (parmi celles qui sont comprises dans la désignation de sites Ramsar), la sensibilisation des populations locales et la reconnaissance des valeurs culturelles contribuent à maintenir la situation des zones humides, en particulier dans la partie nord du bassin.
- Il existe toujours de nombreux générateurs importants de différents types qui détériorent la situation des zones humides. Il s'agit principalement du développement des infrastructures urbaines, la pollution urbaine/industrielle, le tourisme (bien qu'il puisse également contribuer positivement à préserver la situation, en particulier dans les zones humides continentales), l'extraction d'eau, l'augmentation de l'agriculture intensive, les écoulements agricoles et la chasse.
- Les zones humides côtières se sont détériorées davantage que les zones humides continentales, et aujourd'hui elles se trouvent dans une situation plus critique, notamment en raison des développements urbains, industriels et d'infrastructures, qui comprennent le tourisme, la pollution urbaine et industrielle, l'agriculture intensive et les écoulements, tous constituant des générateurs qui se sont intensifiés.
- Bien qu'actuellement les zones humides continentales dans leur ensemble sont dans de meilleures conditions que les zones humides côtières, les pressions dérivées de l'extraction d'eau, les développements urbains et des infrastructures, la pollution urbaine et industrielle, la chasse et l'agriculture intensive continuent, bien que le taux diminue à certains endroits. Ces pressions continuent à être plus élevées dans la partie nord que dans la partie sud du bassin.

Face à cette situation, il s'ensuit le besoin de continuer à développer des programmes de conservation comme mesure de protection des zones humides. D'un autre côté, les plans de restauration sont des méthodes complémentaires à la gestion, et lorsqu'ils sont réalisés de manière adéquate, ils permettent l'amélioration des conditions des zones humides.



Lagune d'Orbetello, Sardaigne

3. Restauration écologique des zones humides

3.1 Concepts et définitions

Les premières actions de restauration écologique rapportées dans la littérature furent réalisées en 1935 sur les prairies du Wisconsin (25 hectares) par Aldo Leopold, reconnu comme l'un des pionniers en la matière (Jordan III et al. 1987).

Depuis la fin du siècle dernier, en raison du changement de sensibilité dans la société, ces écosystèmes ont commencé à être valorisés, et un intérêt croissant pour leur conservation et leur rétablissement a vu le jour. Une fonction très importante des programmes de conservation, réhabilitation et/ou restauration est de limiter les pertes écologiques futures, conserver les zones humides existantes et parallèlement réparer les systèmes naturels affectés. La conservation et la restauration constituent deux outils pour atteindre ces objectifs.

La Convention de Ramsar sur les zones humides, par le biais de son groupe d'examen scientifique et technique (STRP), a élaboré un glossaire de termes liés à la restauration des milieux humides (il peut être consulté sur http://www.ramsar.org/strp/strp_rest_glossary.htm), dans le but de promouvoir la réflexion sur les sens des différents termes liés à la restauration des milieux humides tout en facilitant la compréhension des professionnels impliqués dans ce domaine.

Le terme « restauration » a été attribué à tout processus écologique dont le but est de récupérer les conditions environnementales qui ont prévalu à un endroit donné, et qui pour différentes raisons se sont vues affectées négativement (Sol Sánchez et al., 2002).

La Société internationale pour la restauration écologique (SER selon le sigle en anglais) définit la restauration écologique comme le processus d'aide au rétablissement d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit (SER, 2004).

La restauration écologique fait référence en particulier au processus consistant à récupérer entièrement un écosystème qui se trouve partiellement ou totalement dégradé, en ce qui concerne sa structure végétale, la composition de ses espèces, la fonctionnalité et l'autonomie, jusqu'à ce qu'il retrouve des conditions similaires à celles qu'il présentait initialement (Bradshaw 1987, Ewel 1987, Jordan III et al. 1987, Meffé et Carroll, 1996),



Restauration écologique du Laguneto del Pueblo



Réhabilitation de digue salicole comme territoire de reproduction des flamands

sans cesser de prendre en considération qu'il s'agit de systèmes dynamiques qui sont influencés par des facteurs externes qui entraînent des variations plus ou moins importantes de leurs caractéristiques originales au fil du temps (Parker et Pickett, 1997).

Le Plan andalou des zones humides souligne l'importance de distinguer la Restauration Écologique, la Réhabilitation et la Recréation. Nous recueillons la définition de chacun de ces termes (CMAJA 2002) comme suit :

- La restauration écologique fait référence à un programme coordonnant des actions à court, moyen et long terme, qui essaie de rétablir l'organisation et le fonctionnement d'un écosystème dégradé ou détruit, en prenant comme référence les conditions dynamiques les plus proches de celles qui lui correspondraient s'il n'avait pas subi de perturbations d'origine anthropique.
- La réhabilitation fait référence aux projets de restauration qui ne prétendent pas récupérer les fonctions altérées du système écologique mais un ou plusieurs éléments singuliers de sa structure qui, en général, coïncident avec des populations ou des communautés d'organismes inclus dans des lois et des conventions nationales et internationales de conservation.
- La recréation fait référence à des projets dont les actions incluent totalement ou partiellement la création d'écosystèmes ou d'éléments qui n'existaient pas avant la perturbation d'origine anthropique.

Ces options de récupération d'une zone humide dégradée sont schématisées dans la figure 2.

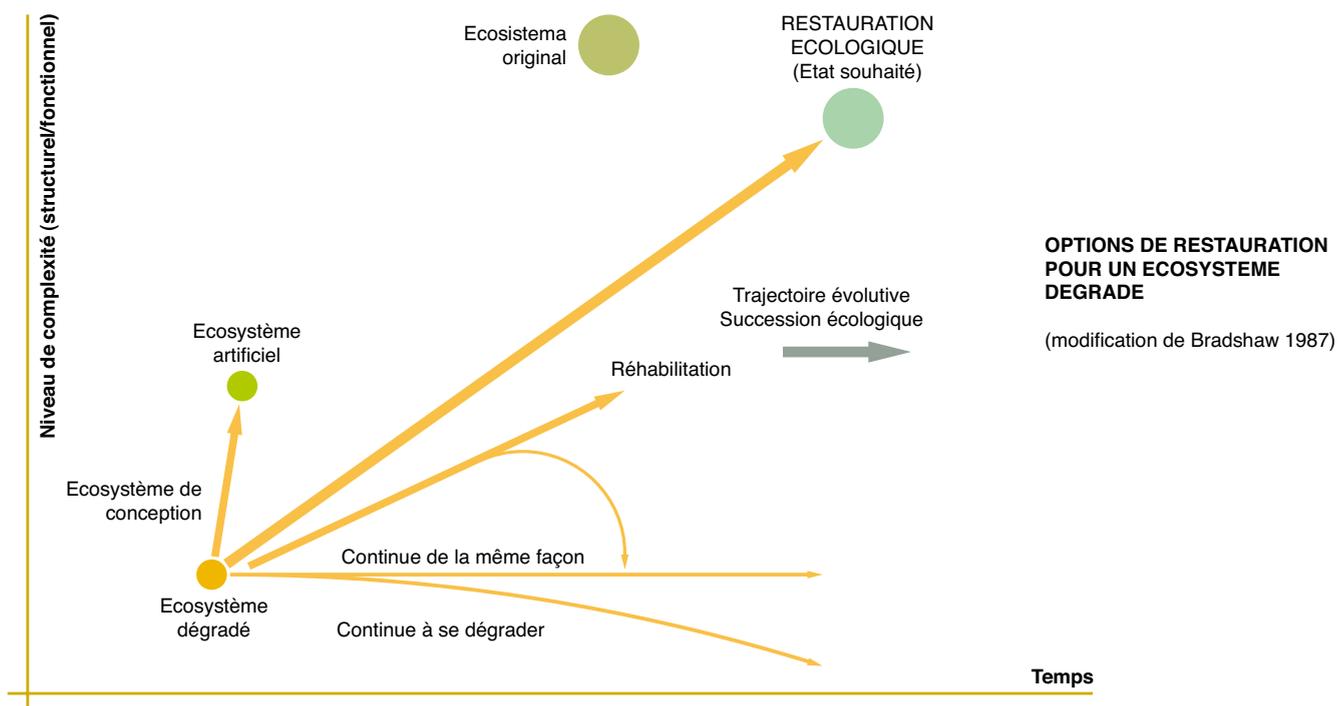


Figure 2. Différentes voies que peut suivre une zone humide dégradée dans un processus de restauration selon les objectifs visés

Selon cette approche, le Plan andalou des zones humides consiste à promouvoir les projets de restauration écologique de zones humides, en tant que stratégie idéale pour la récupération de leur intégrité écologique. Toutefois, toute une série de conditions techniques, éco-

nomiques ou sociopolitiques peut déterminer qu'il n'est possible de récupérer qu'une seule de ses fonctions. C'est pourquoi nous opterons pour une stratégie de réhabilitation. Il faut toujours essayer de rejeter des actions de recréation sur les cuvettes de zones humides naturelles.

Bénévoles pour la restauration d'habitats de nidification. ZICO/SIC Fuente de Piedra



3.2 Directive cadre sur l'eau et restauration de l'état écologique des zones humides

La détérioration progressive à laquelle sont exposés les écosystèmes aquatiques suite au développement de la société actuelle, en plus d'une croissante préoccupation de la population pour inverser cette situation a poussé l'Union européenne à rédiger la Directive Cadre sur l'Eau (Directive européenne 2000/60/EC). Le but de cette réglementation est d'établir un cadre communautaire pour la protection des eaux de surface continentales, de transition, côtières et souterraines, prévoir leur détérioration environnementale, promouvoir leur utilisation durable, protéger le milieu aquatique, améliorer l'état de ces écosystèmes et atténuer les effets des inondations et des sécheresses.

La Directive Cadre sur l'Eau base la gestion de l'eau sur la capacité des différents moyens à supporter différents types de pressions et d'impacts, afin d'obtenir l'exploitation et l'utilisation des ressources de manière durable. D'autre part, il est indispensable de tenir compte des facteurs biologiques et hydromorphologiques pour pouvoir déterminer la qualité des eaux à partir d'une perspective complète, avec les indicateurs physico-chimiques traditionnels.

La nouvelle approche apportée par la Directive Cadre sur l'Eau exhorte à réhabiliter l'intégrité écologique des écosystèmes aquatiques comme mesure afin d'atteindre le bon état écologique et chimique des eaux de surface, et l'état chimique et quantitatif pour les eaux souterraines. L'état écologique est défini dans l'article 2.21 de la Directive comme suit : « une expression de la qualité de la structure et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés aux eaux de surface, qui est classifiée conformément à l'Annexe V ». Une série d'indicateurs néces-

saires pour réaliser l'évaluation de l'état écologique des eaux est proposée dans l'annexe V. Ces indicateurs sont :

- Indicateurs physico-chimiques : transparence (lacs et réservoirs), température, oxygénation, conductivité, pH, nutriments (phosphates, nitrates, ammonium) et polluants spécifiques.
- Indicateurs biologiques : Phytoplancton (lacs et réservoirs), flore aquatique (aérophytes et phytobenthos), faune benthonique d'invertébrés, faune ichtyologique.
- Indicateurs hydromorphologiques : régime hydrologique, continuité de la rivière, conditions morphologiques.

La détermination de l'état écologique doit se faire en tenant compte du Bassin Hydrographique en tant qu'unité. La DCE introduit la « Délimitation Hydrographique » comme unité principale en ce qui concerne la gestion, qui intègre les eaux souterraines, les eaux de surface épicontinentales et les eaux côtières influencées par les eaux continentales. Dans chaque bassin, il est nécessaire de définir des conditions de référence qui serviront à comparer les données d'autres écosystèmes aquatiques du bassin aux caractéristiques similaires (rivières, lacs, réservoirs, etc.). Dans le cas des zones humides méditerranéennes soumises pendant des siècles à d'intenses exploitations et à des manipulations anthropiques, il est très difficile, voire impossible, de décrire les conditions de ces environnements pour définir postérieurement leur état écologique (Barnes 1999). Pour localiser un système qui est représentatif et comparable, il est nécessaire de réaliser des études qui permettent de connaître en détail leurs caractéristiques. Nous pourrions ainsi déterminer quelles caractéristiques du bassin peuvent être considérées uniformes et, par conséquent, être employées comme critère d'état écologique.

S'il n'est pas possible d'établir des environnements de référence a priori (Boix et al. 2004), proposent l'identification a posteriori, une fois réalisée l'étude exhaustive de la qualité des zones humides méditerranéennes. Pour cela, ils ont défini deux indices (un sur la qualité de l'eau et un autre sur l'état écologique de l'ensemble de l'écosystème) qui permettent d'effectuer une estimation simple pour déterminer l'état écologique des systèmes lénitiques des eaux peu profondes. Ces indices sont employés de façon indépendante. Il est possible de les combiner pour obtenir une méthode intégratrice d'évaluation si l'on tient compte des différents aspects d'évaluation de qualité écologique, de la même manière que pour ceux proposés dans d'autres écosystèmes aquatiques (Prat et al. 2000). Au niveau européen, il existe des estimations plus récentes pour déterminer l'état écologique des environnements lénitiques (Fano et al. 2003, Moss et al. 2003). Dans des environnements lotiques, on a développé plusieurs indices pour déterminer la qualité de l'eau (par exemple : Alba-Tercedor et Sánchez-Ortega 1988, Benito et Puig 1999, Prat et al. 1999). Le principal inconvénient de ces indices est qu'ils ne tiennent pas compte de la typologie de l'écosystème dans lequel ils sont appliqués. Par conséquent, ils appliquent les mêmes critères de qualité à des systèmes très différents.

Un concept semblable à celui de l'état écologique est celui d'intégrité écologique, qui est défini comme la capacité d'un écosystème à maintenir sa structure, son fonctionnement et sa dynamique en plus de sa capacité à absorber le stress produit par les perturbations d'origine naturelle et/ou humaine (Montes et al. 1998 ; Westra et al. 2000). Dans le Plan andalou des zones humides, une première estimation de la création d'un système d'évaluation intégré des zones humides d'Andalousie est réalisée à partir de huit critères scientifiques de base pour la gestion de l'intégrité écologique. (Tableau 5)

Pour établir le niveau d'intégrité écologique, une grande connaissance du système est nécessaire. Le but fondamental du Plan andalou des zones humides est de « *conserver l'intégrité écologique des zones humides d'Andalousie, en favorisant leur utilisation rationnelle pour maintenir leurs fonctions écologiques, socio-économiques et historico-culturelles* ».

Le concept « d'utilisation rationnelle », établi dans les années 70 par la Convention de Ramsar, est encore aujourd'hui la clé pour maintenir les caractéristiques écologiques des zones humides et leur compatibilité avec les objectifs du développement durable. Il a été indiqué de cette façon dans le rapport récent intitulé Évaluation des Écosystèmes du Millénaire (EEM), publié par l'Organisation des Nations Unies en mars 2005. Dans le travail de l'EEM sur le Cadre Conceptuel pour les Écosystèmes et le Bien-être de l'Homme (Millennium Ecosystem Assessment 2003), « utilisation rationnelle » équivaut au maintien des bénéfices/services des écosystèmes afin d'assurer le maintien à long terme de la biodiversité, le bien-être humain et la réduction de la pauvreté.

Le Rapport de synthèse de l'Évaluation des Écosystèmes du Millénaire est adressé de préférence aux autorités et aux personnes chargées de prendre des décisions. Un diagnostic de l'état des écosystèmes y est présenté ; il encourage le développement d'actions destinées à améliorer la conservation et l'utilisation durable de ceux-ci. Il s'agit d'un programme de travail international qui regroupe les quatre conventions sur l'environnement au niveau mondial : la Convention sur la Diversité Biologique, la Convention de Ramsar sur les zones humides, la Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification, et la Convention sur les Espèces Migratrices.

Tableau 5. Critères scientifiques de base pour la gestion de l'intégrité écologique des zones humides d'Andalousie dans le Plan andalou des zones humides.

Critère	Breve explication
Hydrologie comme aspect principal dans la gestion des zones humides d'Andalousie.	Pour conserver ou restaurer l'intégrité écologique d'une zone humide, il est nécessaire de connaître et de gérer de façon adéquate son fonctionnement hydrologique naturel.
Modèle de gestion conditionné par le dynamisme des zones humides.	Variabilité, spécialement hydrologique, comme signe d'identité des zones humides. Besoin de les gérer pour conserver ou restaurer leur fonctionnement hydrologique naturel.
Nécessité de conserver le régime de perturbations naturelles.	Les perturbations naturelles sont nécessaires pour la conservation de la biodiversité et le maintien de leur intégrité écologique.
Conservation du modelé et des formations de surface comme un des objectifs fondamentaux.	La précaution est importante dans la gestion des cuvettes pour le maintien d'un flux d'énergie et d'un matelas amortissant face à des perturbations anormales.
Reconnaissance du rôle de la biodiversité fonctionnelle.	La contribution de la biodiversité aux écosystèmes découle non seulement du nombre d'espèces mais aussi du rôle écologique qu'elles jouent.
La gestion des zones humides doit être en rapport avec la gestion de leurs bassins hydrographiques et aquifères associés.	Le bassin de la zone humide, de surface et souterrain, comme unité minimum d'analyse et de gestion.
Restauration des zones humides orientées vers la récupération de leur intégrité écologique.	Différenciation entre restauration écologique, réhabilitation et récréation. On recherche la récupération de l'intégrité écologique face aux éléments singuliers de la structure.
Gestion de différentes échelles spatio-temporelles.	En raison de la complexité, la nécessité de les gérer à différentes échelles spatio-temporelles : réseau palustre, complexe palustre, bassin, zone humide et espèce-habitat.

Selon : Montes et Lomas 2003

Les résultats de l'Evaluation du Millénaire sur l'eau et les zones humides indiquent la vaste diversité de services fondamentaux que ces écosystèmes présentent tout en signalant la répercussion que cela entraînerait sur le bien-être de l'humanité, la perte continue et la dégradation des zones humides.

Pour garantir leur conservation et obtenir ainsi qu'ils continuent à apporter des services, le Rapport de Synthèse préparé par l'EEM pour la Convention de Ramsar (Millennium Ecosystem Assessment 2005) indique comment et quand des interventions peuvent être réalisées et des décisions prises concernant les politiques et à la gestion (Figure 3).

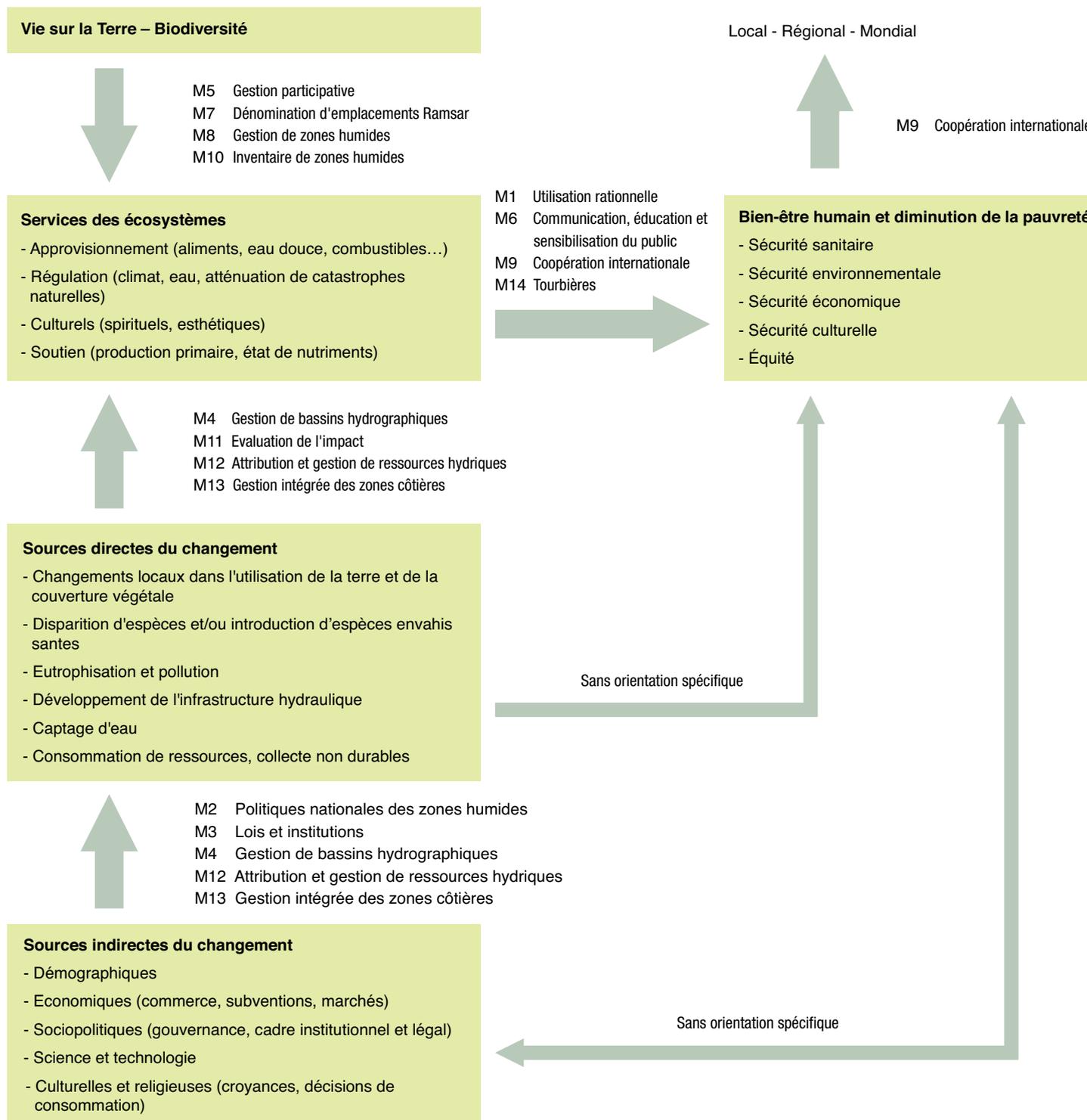


Figure 3. Cadre conceptuel pour l'utilisation rationnelle des zones humides et le maintien de leurs caractéristiques écologiques, et application des directives contenues dans le « jeu d'outils » de Ramsar des Manuels d'Utilisation Rationnelle, 2^e édition (2004).

3.3 Dégradation des zones humides. Causes et effets

L'agriculture, le développement urbain et industriel, le tourisme, la pêche, l'aquaculture et la chasse sont les principales causes de la perte et de la dégradation dans les zones humides méditerranéennes (Hollis et Finlayson 1996). (Tableau 6).

Ces causes n'agissent pas de façon indépendante. Par exemple, la pollution d'une zone humide peut être due à des pratiques agricoles et industrielles mais aussi au développement du tourisme et de l'aquaculture. La relation qui existe entre les facteurs qui touchent les zones humides doit être réellement prise en compte dans la conception de plans de restauration, en particulier au moment d'identifier les causes de la dégradation.

L'intensification de l'agriculture a été la cause primaire de la perte des zones humides en Méditerranée. Le drainage ou la déviation d'eaux de zones humides à des fins agricoles produit des effets sur la qualité de l'eau, le drainage de la terre, l'érosion des sols, et entraîne, avec l'emploi d'engrais et de biocides, la destruction, la dégradation et la fragmentation de l'habitat (Hoffmann 2000). L'agriculture intensive conduit également souvent à l'eutrophisation des habitats d'eau douce ce qui provoque la désoxygénation de l'eau, la production de toxines et la diminution générale de l'état de conservation de la faune et de la flore sauvage (EEA 2001).

L'augmentation de la population et sa concentration sur les côtes, en plus de l'industrialisation des villes, produit une forte pression environnementale sur les zones humides. La pollution par des déchets urbains et industriels, l'accumulation de déchets et la surexploitation des ressources hydriques sont les principaux effets dérivés de l'urbanisation et de la pression industrielle.

Le tourisme a radicalement influencé la dégradation et la perte des zones humides méditerranéennes. Les principaux impacts provoqués par cette activité impliquent : le développement d'infrastructures, le prélèvement d'eau, la décharge de déchets non contrôlés, des gênes pour la faune, l'introduction d'espèces envahissantes, etc. Toutefois, le tourisme bien géré peut être compatible avec la conservation du bon état des zones humides. De plus, il peut apporter des bénéfices pour les communautés locales. Le succès d'un tourisme durable a besoin du développement d'outils qui permettent de rendre compatible la conservation des ressources et de la zone humide avec les activités de loisirs.



Tableau 6. Principales causes de la disparition et de la dégradation des zones humides d'Andalousie.

Altérations dans les cuvettes	
Assèchement	Comblement
Dragage	Aquaculture intensive
Constructions	Agriculture
Altérations dans le régime hydrologique et l'hydropériode	
Captage d'eau	Modifications du réseau hydrographique
Barrage de leurs cuvettes	Construction de routes
Exploitation intensive des aquifères	
Altérations dans la qualité des eaux	
Déchets solides (industriels et urbains)	
Déchets liquides	
Altérations dans la structure des communautés	
Introduction d'espèces exotiques	Pression touristique et récréative
Surexploitation des espèces	Excès d'élevage
Changements dans les communautés végétales littorales	

D'après le Plan andalou des zones humides 2004

La pêche a cessé d'être une des activités habituelles dans les zones humides du fait de la dégradation des habitats, la pollution et l'eutrophisation des eaux, la surexploitation et l'introduction d'espèces étrangères (Crivelli 1992). Comme dans le cas du tourisme, l'utilisation rationnelle de cette activité est compatible avec la conservation de la biodiversité et l'intégrité des zones humides méditerranéennes. D'autre part, le nombre de fermes piscicoles a beaucoup augmenté dans certaines régions de la Méditerranée comme par exemple en Grèce. Les dangers qui y sont associés sont : le risque d'eutrophisation, le déversement de pesticides ou d'autres produits et la fuite d'espèces allochtones.

La chasse ne peut pas être considérée comme une cause directe qui affecte la perte de zones humides. Cependant, il faut prendre en compte que dans beaucoup de zones humides méditerranéennes, la pratique de cette activité est tellement intense qu'elle influence leur dégradation en raison des gênes provoquées, la pollution par les munitions en plomb (de nos jours interdites dans les zones humides), et autres effets directs sur les populations d'oiseaux aquatiques (Tamisier 1987). Pour obtenir une utilisation durable, l'activité de la chasse doit se faire en appliquant des normes, comme par exemple, établir un calendrier de chasse (espèces susceptibles d'être chassées, saison de chasse, quotas et zones autorisées), émission de permis, amendes, pénalisations, etc.

Le développement des activités précédemment décrites a pour conséquence des changements dans les caractéristiques écologiques des zones humides. Les changements écologiques s'expriment par des modifications subies par les caractéristiques de la zone humide. Le Plan andalou des zones humides différencie quatre types d'altérations en fonction de ce qui se produit : dans la structure de la zone humide, dans le régime hydrologique, dans la qualité de l'eau et/ou dans la structure des populations et des communautés biologiques.

La structure d'une zone humide peut subir des changements en raison de nombreux processus. Par exemple, en Méditerranée, les zones humides côtières sont spécialement susceptibles d'être transformées à des fins touristiques. Dans d'autres circonstances, la vision des zones humides comme des lieux insalubres a entraîné le remblaiement de nombre d'entre elles jusqu'à leur assèchement total pour obtenir des terrains cultivables ou constructibles. C'est le cas de la lagune de la Nava à Palencia, la lagune de La Janda à Cadix, ou bien d'autres lagunes de Castille-La Manche, d'Aragon, etc. L'accumulation de décombres et de déchets solides a favorisé la transformation de beaucoup de zones humides en décharges.

D'autre part, la surexploitation des ressources hydriques tant de surface que souterraines, l'endiguement disproportionné de voies fluviales ou la dérivation de voies allochtones vers les zones humides provoquent des variations dans les niveaux hydriques et peuvent altérer leurs caractéristiques naturelles.

Non seulement les activités développées directement dans le marais (canalisation, construction de digues, captage pour l'irrigation, industries, consommation humaine, etc.) peuvent altérer le régime hydrique, mais ces actions réalisées sur le bassin hydrographique peuvent aussi avoir de sérieuses répercussions sur les conditions écologiques des zones humides. Le captage d'eaux fluviales et la surexploitation d'aquifères pour l'irrigation est considérée, parmi toutes les activités qui peuvent causer des changements dans la quantité d'eau de la zone humide, comme celle étant la plus utilisée en Méditerranée.

L'altération de la qualité de l'eau peut être due à la salinisation d'eaux de surface et souterraines (par exemple : les marais d'Almonte ou les côtes du Levant) ou plus fréquemment, elle est due à la pollution en raison de déversements de différente nature (industriels, urbains, agricoles, d'élevage, etc.). L'eutrophisation (enrichissement des eaux par des nutriments) est le principal problème des zones humides en Méditerranée (Golterman 1992) parmi lesquelles le delta du Pô qui reçoit des tonnes d'azote et de phosphore (Viaroli 1992). L'industrie pétrochimique, le transport et le raffinage du pétrole, l'extraction minière, l'industrie du plastique, l'emploi de pesticides et d'engrais, etc. contribuent aussi à l'altération de la qualité de l'eau.

Les zones humides se caractérisent par la grande diversité d'espèces qui y vivent. Elles sont très importantes tant pour la biodiversité indigène comme pour les espèces migratrices dépendantes de zones humides. L'altération des communautés biologiques existantes dans les zones humides a deux causes principales : la surexploitation des ressources (chasse, pêche, aquaculture, excès d'élevage, excès d'utilisation publique récréative ou touristique, extraction mécanique de ressources minérales, etc.) ou l'introduction d'espèces exotiques.

Bien que le changement dans les caractéristiques écologiques d'un site implique un changement négatif (dans le contexte de l'Article 3.2 de la Convention et de la Recommandation 4.8 qu'a établi le Registre de Montreux), la Convention de Ramsar reconnaît aussi que « *les programmes de récupération et/ou de réhabilitation de zones humides peuvent donner lieu à des changements favorables sur les caractéristiques écologiques provoquées par l'activité humaine.* »

Les actions de restauration menées à bien en Méditerranée sont de plus en plus fréquentes car, quand elles sont mises en œuvre de façon effective, grâce à une planification adéquate et à des mesures de suivi et d'évaluation, on parvient à rétablir les fonctions perdues ou au moins à améliorer la situation de dégradation dans laquelle se trouve la zone humide. (Tableau 7).



Tableau 7. Processus qui impliquent un certain type de changements écologiques dans les zones humides méditerranéennes.

Changement écologique	Cause du changement écologique	Exemple de zones humides méditerranéennes
Altération de la structure physique	Dragage et/ou remplissage : • Urbanisation • Industrie Construction de routes Transformation pour l'agriculture Décharge de déchets solides	Lac de Tunis, Tunisie Est de la Camargue, Port de Saint Louis, France Santoña, Espagne Delta du Pô, Italie Messolonghi, Grèce
Altération du régime hydrologique du bassin hydrographique	Réservoirs : • Détournements d'eau entre des bassins • Hydro-électricité • Irrigation • Evaporation du réservoir • Rétention de sédiment Captage d'eaux fluviales Surexploitation d'aquifères	Garaet El Ichkeul, Tunisie Delta de l'Ebre, Espagne et le fleuve Tage, Portugal La Vera, Doñana, Espagne et les Plaines inondables de Mondego, Portugal Delta d'Archelooos, Grèce Delta du Rhône et Camargue, France Delta Axios, Grèce Tablas de Daimiel, Espagne
Altération du régime hydrologique dans la zone humide	Drainage Canalisation Assainissement Digues Captage d'eau Irrigation Dragage de canaux de navigation	Lac Karla, Grèce Delta du Kizilirmak, Turquie Camargue, France, Ria d'Aveiro, Portugal Lac Vistonis, Grèce Lac Oubeira, Algérie Lagune Akgol, delta de Göksu, Turquie Lac de Bizerte, Tunisie
Changements dans la qualité de l'eau	Déversement d'eaux résiduelles urbaines Déchets industriels Déchets d'aquaculture Ecoulement de nutriments de l'agriculture Ecoulement de pesticides et d'herbicides Salinisation d'eaux de surface Salinisation d'eaux souterraines Changements dans les utilisations du sol du bassin : • Déforestation • Erosion et Comblement Modification des connexions avec la mer : • Barrages anti-sel • Ouverture de l'embouchure de lagunes	Sebkhet Sedjoui, Tunisie Stagno di Cagliari, Sardaigne, Italie Golfe d'Amvrakikos, Grèce Vallée Sainte, Italie Estuaire Sado, Portugal Doñana, Espagne Barrage Sidi Salem, Tunisie Cap Bonn et Garaet El Haouaria, Tunisie Marais Mezkhada, Algérie Merja Zerga, Maroc Lac Mitricou, Grèce Lagune de Salses-Leucate, Roussillon, France
Surexploitation des produits	Pêche Chasse Pâturage Extraction excessive de ressources minérales	Lac Burullus, Egypte Lagune Saint André, Portugal Lagune Biguglia, Corse, France Biviere di Gela, Italie Fleuve Göksu, Turquie
Introduction d'espèces envahissantes	Plantes Poissons Oiseaux	<i>Eucalyptus</i> , marais littoraux de l'Odiel, Espagne <i>Carassius auratus</i> , Mikri Prespa, Grèce <i>Oxyura jamaicensis</i> , Espagne
Actions de gestion et de restauration	Restauration d'eaux ouvertes, contrôle de la végétation : • Brûlage • Pâturage • Dragage Gestion de la chasse Gestion de la pêche Restauration de la succession de la végétation	Étang littoral de Majorque, Espagne Aiguamolls de l'Empordà, Espagne Étang littoral de Majorque, Espagne Camargue, France Étang de l'Or, France Marais halophiles de l'estuaire du Tage, Portugal

Source : MedWet 1996

3.4 La nécessité de restaurer. Les zones humides considérées comme un capital naturel

Le besoin d'arrêter et de faire reculer la dégradation des zones humides, outre la reconnaissance des bénéfices associés à leur restauration, a donné lieu à la mise en œuvre de nombreux projets de restauration partout dans le monde. (Convention Ramsar 2002).

La restauration et la réhabilitation des zones humides figurent de façon significative dans les programmes des pays méditerranéens. Cela est dû aussi bien à l'augmentation de la connaissance et à la sensibilisation du public et des institutions aux problèmes dérivés de la modification des écosystèmes, qu'à l'intérêt pour le développement de politiques orientées vers la gestion des écosystèmes fonctionnels considérés comme un capital naturel puisqu'ils donnent à la société un flux de services environnementaux riche et varié qui se répercute directement sur le bien-être de la société.

Les politiques en rapport avec la gestion du capital naturel reconnaissent la contribution des services des écosystèmes non seulement pour l'économie, mais aussi pour la santé, la sécurité, les relations sociales et pour le bien-être humain en général. Le Plan andalou des zones humides considère qu'une zone humide avec un bon niveau d'intégrité écologique constitue un capital naturel puisque ses fonctions écologiques produisent des services, et des éléments de sa structure biotique et abiotique des biens ; qui à leur tour, produisent des bénéfices indispensables pour la société.

Chaque fois qu'un écosystème est endommagé, dégradé ou détruit, le capital naturel se réduit et par conséquent, les biens et les services qui en découlent diminuent. La restauration écologique aide à augmenter le capital naturel et la production de biens et de services écosystémiques.

Les zones humides constituent une part importante du capital naturel. Dans une étude réalisée sur la valeur économique associée aux écosystèmes (Constanza et al. 1997), on estimait que les zones humides équivalaient à 45% du total, c'est-à-dire à 14,9 billions de dollars E.U. (Tableau 8). Bien que cette étude ne soit qu'une estimation de l'évaluation des services des écosystèmes et ne représente qu'une estimation minimale, elle démontre les énormes bénéfices que le capital naturel apporte à l'économie et à la société, en se transformant en un argument économique solide pour convaincre de la nécessité de protéger ces écosystèmes.

L'existence de plus en plus d'expériences de restauration réalisées avec succès sur différents écosystèmes a réveillé un intérêt croissant pour l'emploi de projets de restauration afin de récupérer des composants et des fonctions de zones dégradées. Cela a attiré l'attention des gouvernements qui voient comment jusqu'à maintenant leur politique de subventions favorisait la disparition des écosystèmes au lieu de subventionner la restauration et la protection du capital naturel comme garantie économique et écologique de durabilité. L'investissement en restauration écologique des écosystèmes endommagés doit être en accord avec les efforts pour réduire ou arrêter la conversion de zones naturelles.

Actuellement, on le considère comme un outil de gestion des systèmes naturels et une stratégie dans le cadre de la conservation. Il est ainsi reconnu dans les secteurs impliqués de l'étude, la gestion et la conservation d'espaces naturels : Réglementation Cadre sur l'Eau, Convention Ramsar, Society for Ecological Restoration, Global Nature, Society of Wetland Scientists, etc.

La restauration écologique a une vaste application, pour la récupération de zones touchées par des causes anthropogéniques (pollution, abattage, assèchement, etc.) et pour des espèces qui se trouvent dans un certain degré de vulnérabilité.

Différents écosystèmes ont été récupérés sur différents aspects (voir chapitre : « Cas d'étude ») par l'application de techniques de restauration, comme par exemple : lagunes côtières d'Aiguamolls de l'Empordà, lagune de la Nava, lagune de Gallocanta, étang littoral d'Adra, etc.

Cependant, nous devons être prudents en planifiant une stratégie de restauration puisque souvent l'ignorance, des approches erronées ou une certaine légèreté au moment d'aborder cette tâche, ont abouti à des expériences manquées, des résultats insatisfaisants ou éloignés des objectifs prévus.

Les processus complexes et les interactions, qui constituent une partie naturelle des écosystèmes, concrètement des zones humides, d'autant plus lorsqu'elles sont endommagées ou détériorées, doivent nous forcer à aborder tout projet de restauration en faisant très attention à **toujours** l'envisager depuis une perspective de gestion intégrale de l'écosystème.

Tableau 8. Valeur économique attribuée à chaque type de zone humide.

Evaluation des zones humides	Valeur totale par hectare (dollars E.U. par an)	Valeur totale du flux global (dollars E.U. par an)
Estuaires	22.382	4.100.000.000.000
Prairies de pâturages marins / algues	19.004	3.801.000.000.000
Récifs de corail	6.075	375.000.000.000
Marais maritimes / mangroves	9.990	1.648.000.000.000
Marais / plaines inondables	19.580	3.231.000.000.000
Lacs / rivières	8.498	1.700.000.000.000

D'après Constanza et al. 1997



Nous devons également prendre en compte le fait que le fonctionnement d'une méthode de restauration dans un écosystème n'est pas une garantie de réussite dans un autre, où les conditions biotiques et abiotiques sont différentes (Clewel et Rieger 1997). C'est pourquoi il est nécessaire de réaliser une description détaillée de chaque tentative de restauration, ayant réussi ou non, qui soit effectuée dans chacun des différents écosystèmes soumis à des perturbations de différente intensité, et de leur importance à court, moyen et long terme, afin que ces tentatives, soutenues dans la théorie écologique, marquent les principes généraux et permettent ainsi de définir les stratégies les plus appropriées à chaque situation (Marquez Huitzil 1999).

De manière générale, il existe quelques considérations et activités qui peuvent être prises en compte dans la restauration écologique de chaque écosystème, comme nous le verrons par la suite.

Ainsi, il faut tenir compte, tout au moins, des informations générales sur les principes de conservation et de restauration, comme la variation des techniques à appliquer selon le type de zone humide ou de la région (Kusler & Kentula 1990).

4. Le projet de restauration : phases et expérience dans le milieu méditerranéen

4.1 Étapes de la restauration

La restauration d'un système devrait être entreprise dans les cas où l'altération a atteint un point tel que l'écosystème ne peut pas poursuivre son processus naturel d'auto-organisation. Malheureusement de nombreux projets de restauration sont menés sans que soient déterminées au préalable les causes qui empêchent la régénération naturelle.

La restauration aborde un large éventail de disciplines telles que l'écologie, l'hydrobiologie, l'hydrologie et hydraulique, la géomorphologie, l'ingénierie... et il est très important que des personnes ayant une expérience dans ces disciplines participent à la planification et la mise en œuvre du projet. Il est par conséquent nécessaire que les projets de restauration écologique soient développés par des équipes interdisciplinaires. Les universités, centres publics de recherche et les organisations privées peuvent fournir des informations très utiles et expertes qui permettront de baser le projet de restauration sur une étude minutieuse et approfondie des caractéristiques du système. Etant donné que chaque écosystème possède ses propres caractéristiques, les projets de restauration doivent envisager chacun des aspects qui interviennent dans son fonctionnement et sa dynamique naturelle. Les mesures prises sans collecter d'information générale sur les principes de conservation et de restauration, comme la variation des techniques à appliquer selon le type de zone humide ou de région (Kusler & Kentula 1990), représentent un facteur supplémentaire d'incertitude pour l'écosystème et ses biotes. Le tableau 9 présente une comparaison entre la difficulté posée par la réalisation d'un projet de restauration et la probabilité de succès selon le type de zone humide concernée (Kusler et Kentula 1990 ; Lockwood et Pimm 1999).

Tableau 9. Comparaison des possibilités de réussite ou d'échec d'un projet de restauration en fonction du type de zone humide.

Type de zone humide	Raison de la réussite	Probabilité de réussite (maximum = 6)	Difficultés associées à la restauration
Marais d'estuaire	<p>Etude hydrologique simple.</p> <p>Expérience et bibliographie sur la restauration disponible.</p> <p>Grande disponibilité de graines et de plantes.</p> <p>Facilité à établir de nombreuses caractéristiques des espèces végétales.</p>	6	<p>Faibles amplitudes de marée.</p> <p>Conditions locales uniques.</p> <p>Intolérance à la salinité.</p>
Marais côtiers	<p>Les raisons sont similaires à celles du cas précédent.</p>	5	<p>La force de la houle et les fortes amplitudes de marée réduisent la probabilité de succès de ce type de restauration.</p>
Marais d'eau douce adjacents aux fleuves, ruisseaux et lacs	<p>Mesures de la profondeur de la colonne d'eau dans le lac et des débits dans les ruisseaux.</p> <p>Grande expérience et bibliographie sur la restauration.</p>	4	<p>Complexité de la végétation.</p> <p>Difficultés avec des espèces peu fréquentes.</p> <p>Hydrologie complexe.</p> <p>Modifications du régime hydrologique, en raison d'activités comme l'extraction d'eau.</p>
Zones humides isolées approvisionnées en eau de surface	<p>En ayant les mécanismes à disposition afin de gérer les apports d'eau, la détermination et la restauration de l'hydrologie sont possibles.</p>	3	<p>L'expérience et la bibliographie disponible sur la restauration de ces zones humides sont limitées.</p> <p>Hydrologie complexe.</p>
Zones humides boisées (forest wetlands)	<p>Le régime hydrique évalué dans les zones humides adjacentes peut être utilisé dans des cas où les apports ne sont pas connus dans ces systèmes. Cette alternative ne s'avère pas toujours suffisamment sensible.</p>	2	<p>Faibles marges de tolérance.</p> <p>Bibliographie et expérience limitées.</p> <p>Restauration très complexe.</p> <p>Beaucoup de temps est nécessaire pour développer des écosystèmes mûrs.</p>
Zones humides isolées d'eau douce avec apports d'eaux souterraines (varient des marais aux zones humides boisées)		1	<p>Hydrologie très complexe.</p> <p>Expérience et bibliographie limitées.</p>

Kustler et Kentula 1990

En résumé, les connaissances de base nécessaires à la réussite d'une restauration sont les suivantes :

- Comprendre la biologie et l'écologie des espèces écologiquement essentiels (clés des écosystèmes) de la zone humide, en particulier les modes de reproduction, facteurs qui contrôlent leur abondance et leur distribution, besoins en matière d'habitat, etc.
- Comprendre les modèles hydrogéomorphologiques contrôlant l'hydropériode et le régime hydrologique, dont dépend l'intégrité écologique de la zone humide.
- Caractériser l'ampleur des altérations générées sur les structures ou les processus biophysiques essentiels des zones humides.

La première étape de l'élaboration d'un projet de restauration consiste à réaliser une planification appropriée. La planification

doit être soigneusement élaborée, puisque le succès du déroulement de notre projet de restauration en dépendra en grande mesure. Un élément fondamental de cette étape consiste à recueillir des informations à l'aide de : la description de la zone, l'évaluation, la définition des objectifs et l'argumentation de ceux-ci, l'identification de facteurs limitateurs ou modificateurs qui peuvent entraver la réalisation des objectifs (inclure une évaluation des risques), le développement des objectifs opérationnels, l'identification des priorités d'action, le suivi des actions et de l'évolution du système et l'examen des progrès réalisés.

À partir de l'analyse des informations collectées, élaborer des objectifs qui sont menés à bien au moyen de la phase de mise en œuvre. Il s'agit de mettre en œuvre des changements que nous avons déterminés comme étant nécessaires pour renverser la situation du système par le biais de l'application de techniques respectueuses de l'environnement. L'application de ces techniques est issue d'une étude méticuleuse du milieu, de sa situation

et toutes les variables affectant son fonctionnement (hydrologie, édaphologie, paramètres physiques et chimiques, biologiques...).

Au cours de la mise en œuvre, il est nécessaire d'effectuer un suivi afin de vérifier que les mesures prises produisent les effets escomptés dans la phase de planification et d'agir en cas d'écart par rapport aux objectifs fixés, selon la situation. Ce suivi se poursuit une fois les actions prévues finalisées, car des changements non désirés peuvent se produire à plus long terme. Le suivi va permettre d'évaluer le degré de réussite des objectifs proposés.

Étapes à suivre dans un projet de restauration :

- **Etudes préliminaires**
- **Identification des causes de la dégradation**
- **Définition des conditions de référence**
- **Evaluation des fonctions de la zone humide**
- **Développement des objectifs**
- **Choix des techniques et des alternatives pour inverser les problèmes identifiés**
- **Plan de suivi des actions réalisées**
- **Suivi à long terme**

L'importance d'une approche intégrée

Pour aborder un projet de restauration depuis une approche intégrée, il est nécessaire que le concept de gestion adaptative ait été adopté au cours de son élaboration. Au même titre qu'un projet de restauration, la gestion adaptative est un programme de conception, mise en œuvre, suivi, apprentissage et ajustement périodique des formes d'intervention en fonction des objectifs définis. Aussi bien les objectifs que les formes de gestion peuvent changer au fil du temps.

Les zones humides sont des systèmes complexes, et même lorsque se trouvent à disposition les informations détaillées de l'endroit, la réponse de ce dernier aux changements introduits peut être imprévisible. Cette technique intègre de nouvelles informations à chaque étape du projet de restauration, permettant d'évaluer le processus de manière continue, de réagir face à des changements inattendus ou des événements imprévus et de prendre des décisions afin de favoriser l'obtention des résultats. Il s'agit d'un processus répétitif qui doit être appliqué tout au long du projet, puisque selon son évolution, nous pouvons déterminer le meilleur choix pour passer à l'étape suivante du projet.

La gestion adaptative est un rapprochement formel, systématique et rigoureux de l'apprentissage possible des résultats des actions de gestion, dans lequel les changements sont ajustés et la gestion est améliorée. Elle implique la synthèse des connaissances existantes, l'exploration des actions alternatives et l'élaboration des prévisions à partir des résultats de ces actions. (Nyberg 1999).

Afin que la gestion (ou la restauration) d'un écosystème soit adaptative il est nécessaire que les prescriptions de conduite : a) soient basées sur les meilleures connaissances scientifiques disponibles au

moment de l'intervention, b) constituent de nouvelles propositions, offrant de meilleures attentes pour parvenir à la durabilité, c) soient appliquées avec prudence et compréhension de la complexité des systèmes écologiques sur lesquels est réalisée l'intervention, et (d) puissent être modifiées à travers un processus systématique de suivi et d'expérimentation (Franklin 1995 Arroyo 1995a, b).



Canal d'irrigation envahi par la végétation



Canal d'irrigation après les travaux de nettoyage des fourrés

Pendant la phase de conception ou d'approche, la gestion adaptative doit être utilisée afin de clarifier les buts et les objectifs et de prévoir des changements ou des alternatives possibles aux plans de mise en œuvre. Parallèlement, au cours de la mise en œuvre, elle sera utilisée pour évaluer la nécessité d'intégrer des alternatives aux plans d'origine, par exemple, le nombre et le type de plantes, la configuration de canaux ou de gradients... Au cours de l'étape de suivi et de gestion à long terme, cela nous permettra de maintenir le déroulement du projet vers un résultat positif.



Le principe de gestion adaptable (voir nouvelles lignes directrices relatives aux plans de gestion des sites Ramsar et autres zones humides, approuvées dans la résolution VIII.14) devrait être appliqué aux projets de restauration. À mesure qu'un projet prend forme, il peut être nécessaire de prendre en considération des faits imprévus et de tirer profit des connaissances ou des ressources nouvellement acquises. Toute modification devrait être conçue en tenant compte de l'évaluation du projet en fonction des buts, objectifs et normes d'efficacité établis. (Résolution VIII.16)

4.1.1 Planification

La conception initiale du projet constitue sans aucun doute l'étape la plus importante et la plus décisive, puisque la réussite de la restauration de tout écosystème dépend de son approche.

Une planification détaillée nécessite une parfaite connaissance du milieu (facteurs physiques, biologiques, chimiques, sociaux, utilisations du sol...), de son fonctionnement et son interaction avec les écosystèmes adjacents, et des conditions existantes (tendances historiques, activités mises en place, identification des impacts, gestion traditionnelle des ressources qui a contribué à la configuration du paysage...).

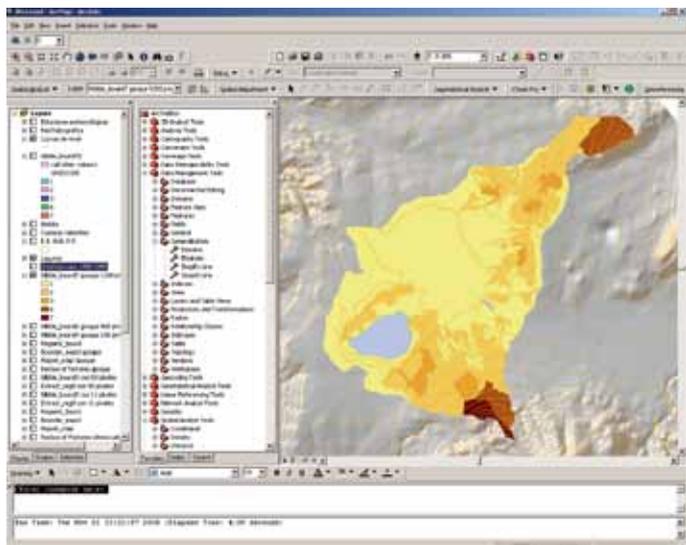
Une planification soignée réduira les possibilités d'effets secondaires indésirables. Par exemple, elle peut permettre d'éviter dans les projets de restauration des problèmes tels que l'augmentation des populations de moustiques, les crues indésirables ou l'intrusion d'eau salée dans les sources d'approvisionnement en eau potable.



Étapes de la planification (Perennou 1996) :

1. **Contexte général** : il s'agit d'encadrer le lieu de travail, c'est-à-dire délimiter et définir la zone d'action. Il est indiqué de distinguer la zone centrale (zone humide) et la zone d'influence (apports d'eaux de surface et souterraines, introductions de polluants, de sédiments, habitat de la faune, etc.) La zone d'influence correspond à celle située à proximité de la zone humide, directement liée à cette dernière et dont les liens fonctionnels peuvent avoir des influences directes, fortes et rapides sur l'habitat.
2. **Description et analyse** : pour cela il est nécessaire de recueillir les informations existantes et d'acquérir de nouvelles données pour un examen ultérieur. Les photos aériennes et images satellite représentent une précieuse source d'information sur les caractéristiques des bassins hydrographiques, en particulier la topographie, les modes de drainage et de stagnation, l'utilisation du sol, les communautés de végétation et de couverture, ainsi que la fragmentation et la perte d'habitat. Les rapports d'inventaires des zones humides, les cartes topographiques et des bassins hydrographiques, les études d'impact sur l'environnement, les documents, études, techniques et la bibliographie existants constituent d'autres sources d'information.
3. **Évaluation des valeurs naturelles, culturelles et socio-économiques** : l'existence d'habitats d'espèces animales ou de plantes protégées ou présentant un intérêt particulier, les activités mises en place, la réglementation, la structure administrative avec ses responsabilités et son influence sur la gestion constituent des aspects à prendre en considération afin de réaliser une évaluation objective et exhaustive de l'état actuel de la zone.





4. **Objectifs à long terme** : l'évaluation environnementale effectuée fournit une base afin de définir des objectifs qui marqueront les lignes d'action pour la restauration des conditions écologiques et hydrogéomorphologiques optimales.
5. **Facteurs d'influence et indicateurs** : la description et l'analyse des informations recueillies doivent permettre d'identifier les facteurs qui peuvent avoir des effets sur les valeurs naturelles ou leur fonctionnement. Une fois ces facteurs définis, il est important d'évaluer l'ampleur de leurs effets par l'utilisation d'indicateurs. Les indicateurs d'impact évaluent l'état des populations et communautés, alors que les indicateurs de fonctionnement concernent l'état de l'environnement physique. Ces derniers apportent également des informations sur les causes possibles et les mécanismes de dysfonctionnement.
6. **Objectifs opérationnels** : il s'agit de l'application des objectifs fixés une fois que les facteurs d'influence ont été pris en compte. Certains objectifs sont axés sur des questions liées à la conservation de la diversité, d'autres sur les activités et les utilisations de la zone humide et des terrains adjacents et d'autres encore sur l'intégration du lieu dans le système socio-économique et socioculturel.
7. **Projets/programmes opérations et tâches** : comprend la mise en œuvre, les plans de travail et l'organisation. Ils peuvent aller d'un simple suivi des caractéristiques écologiques du lieu (en particulier l'hydrologie et la géomorphologie de la cuvette), à une gestion écologique détaillée ou une restauration, en passant par des actions détaillées sur le bassin hydrologique, la sensibilisation du public, l'éducation à l'environnement, des activités spécifiques sur une espèce, ou l'acquisition du lieu et la mise en œuvre d'un plan de gestion.
8. **Suivi et évaluation, synthèses annuelles des tâches effectuées et des objectifs atteints**. Il s'agit de réviser le projet et d'évaluer s'il est efficace et bénéfique pour l'écosystème.

Tableau 10. Informations pour la planification d'un projet de restauration.

Hydrologie	<ul style="list-style-type: none"> - Caractéristiques hydrologiques régionales actuelles et données historiques comprenant des inondations typiques et extrêmes - Localiser des lieux de référence dans le bassin et aux alentours - Paramètres à mesurer dans la zone humide et dans la zone de référence, fréquence de suivi et durée - Sources primaires d'eau pour la zone humide (eaux souterraines et de surface) - Identifier les causes des changements dans les caractéristiques hydrologiques - Effets potentiels sur des zones en aval du fait d'agir sur l'hydrologie - Lien entre l'élévation de la surface du sol et les sources primaires d'eau - Comment rétablir l'hydrologie et le lien approprié entre les niveaux du sol et l'eau - Méthodes naturelles ou de bio-ingénierie applicables - Facteurs qui pourraient limiter la restauration et problèmes qui pourraient surgir
Qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Indices de pollution et sources probables - Type de pollution (ponctuelle ou diffuse), nature des polluants - Paramètres à mesurer dans la zone humide et la zone de référence, fréquence de suivi et durée - Paramètres pour évaluer la qualité de l'eau - Méthodes disponibles pour améliorer la qualité de l'eau
Sol	<ul style="list-style-type: none"> - Information de référence sur les sols locaux (utilisations, édaphologie, topographie, etc.) - Caractéristiques du substrat, niveaux de matière organique, nutriments, humidité, granulométrie et structure du sol - Existences de couches imperméables qui contribuent à la dynamique de la zone humide - Paramètres à mesurer dans la zone humide et la zone de référence, fréquence de suivi et durée - Elévations typiques de substrat et traits micro-topographiques de ce type de zone humide (canaux, îles, monticules...) - Présence de pollution ou de toxiques - Méthodes naturelles ou de bio-ingénierie applicables
Végétation	<ul style="list-style-type: none"> - Espèces dominantes et rares, végétation typique dans le type de zone humide à restaurer, aussi bien au cours des étapes initiales que pour les états mûrs - Espèces ayant un état de protection ou une importance particulière, espèces envahissantes non natives et espèces natives de la zone humide - Perturbations naturelles typiques de ce type de zone humide - Conditions du sol et hydrologiques pouvant restreindre l'établissement de la végétation et si le changement des ces conditions s'avérait bénéfique - Préparation du sol nécessaire pour favoriser l'établissement de la végétation (en ajoutant des additifs au sol, en éliminant des espèces non natives, etc.) - Méthodes disponibles pour éradiquer les espèces envahissantes - Menaces pour les plantes une fois établies (herbivores, inondation, lumière intense, etc.) et comment les combattre - Paramètres de la végétation à mesurer, fréquence de suivi et durée
Faune	<ul style="list-style-type: none"> - Espèces natives habituelles dans l'état pionnier et mûr de la zone humide, espèces dominantes et rares - Espèces ayant un état de protection ou une importance particulière, espèces envahissantes non natives et espèces natives de la zone humide - Perturbations naturelles qui affectent les espèces animales - Conditions du sol, de l'hydrologie et de la végétation pouvant limiter l'établissement de la communauté native - Conditions de l'habitat qui attirent les espèces des animaux typiques et quelles caractéristiques spécifiques de l'habitat peuvent être ajoutées pour attirer des espèces particulièrement précieuses et/ou rares - Méthodes disponibles pour éliminer les espèces non natives endommagées - Comment favoriser une colonisation rapide de la part d'espèces natives - Menaces pour les populations animales récemment établies (prédateurs, inondation, pollution, impacts humains, etc.) et comment les combattre - Paramètres à mesurer, fréquence de suivi et durée

Modifié de l'IWWR 2003

Les zones humides sont influencées par les caractéristiques naturelles des bassins hydrographiques, telles que l'hydrologie, la topographie (altitude, relief et inclinaison), le climat, les régimes de précipitations, les types de sol, les eaux souterraines, les eaux de surface, la zone de drainage et les communautés végétales et animales. Plus les informations dont nous disposons sur l'hydrologie, les sols et les communautés de faune et de flore qui caractérisent les zones humides sont précises, plus la planification du projet restauration sera exacte. Outre les informations sur les conditions actuelles, il est nécessaire de connaître l'histoire du bassin hydrographique afin d'obtenir une meilleure compréhension des écosystèmes qui se trouvaient auparavant sur le lieu, et des facteurs ayant provoqué la dégradation et la perte de zones humides. L'identification des influences humaines, de l'utilisation des sols (présentes et à venir), des structures construites et des projets sur les zones humides nous permettra de connaître les possibles impacts existants. Le tableau 10 présente les informations à recueillir pour la planification d'un projet de restauration.

De l'analyse des informations recueillies, nous devons fixer des buts et des objectifs qui explicitent clairement la finalité à atteindre. Il faut que les objectifs soient clairs, réalisables, et qu'ils répondent aux besoins de restauration identifiés.

Il est possible de restaurer certaines fonctions d'un écosystème, même lorsque quelques paramètres tels que le type de sol et les conditions environnementales ont été altérés et que la faune et la flore ont changé (Lewis 1990, 1992). Cependant, la probabilité d'erreur augmente si l'objectif de la restauration est de rétablir les conditions primitives d'une zone. Cela signifie que le rétablissement de certaines conditions sélectionnées de l'écosystème et la réplique des fonctions naturelles ont plus de chance de réussir que le rétablissement des conditions primitives (Lewis, Kluster et Erwin 1995). Cette réalité doit être prise en considération lors de la planification du projet.

Une analyse préliminaire de la situation nous permettra de vérifier que notre projet va représenter une amélioration environnementale du système. Les questions suivantes permettent d'évaluer l'utilité et la viabilité d'un projet de restauration de zones humides (adaptation de l'annexe de la résolution VII.17) :

- a. Des bénéfices pour l'environnement seront-ils obtenus (par exemple, amélioration de l'approvisionnement et de la qualité de l'eau, réduction de l'eutrophisation, conservation des ressources en eau douce, conservation de la biodiversité, maîtrise des crues) ?
- b. Quel est le potentiel écologique du projet ? Quelle est la situation actuelle de la zone du point de vue des valeurs

biologiques et de l'habitat et, en particulier, ses caractéristiques qui revêtent une importance pour la conservation des zones humides ou de la diversité vont-elles disparaître ou subir des dommages ? Comment est prévu le développement de la zone en ce qui concerne l'hydrologie, la géomorphologie, la qualité de l'eau, les communautés de faune et de flore etc. ?

- c. Quels options, avantages ou inconvénients entraînera la zone restaurée pour la population locale et celle de la région ? Ceci peut comprendre les conditions sanitaires, les ressources alimentaires et hydriques essentielles, plus de possibilités de développer des activités de loisirs et d'écotourisme, l'amélioration des paysages, les possibilités en matière d'éducation, la conservation du patrimoine culturel (sites historiques ou religieux), etc.
- d. Quelle est la situation actuelle de la zone concernant l'utilisation des sols ? La situation sera très différente selon s'il s'agit de pays en développement, de pays à économie en transition ou de pays développés et au sein des propres pays, selon les circonstances locales, en ce qui concerne les objectifs de restauration et de réhabilitation. Plus concrètement, il est souvent possible d'apporter des améliorations sur les terres marginales, dont le rendement est faible dans la situation actuelle.
- e. Quelles sont les principales contraintes socio-économiques ? Au niveau régional et local, y a-t-il un réel intérêt dans la réalisation du projet ?
- f. Quelle est l'efficacité du projet proposé en fonction des coûts ? Les investissements et les changements doivent être durables à long terme, et il ne faut pas que les résultats soient uniquement provisoires. Il faut essayer que les coûts soient appropriés au cours de la phase de construction. Il en va de même par la suite concernant les coûts d'entretien courants.
- g. Quelles sont les principales contraintes techniques ?

Cette analyse préliminaire nous permet de remodeler notre projet ou d'adapter les objectifs fixés (revoir les objectifs et les buts constitue un aspect nécessaire du processus de restauration).

Les objectifs et les buts reflètent les résultats que l'on souhaite atteindre avec la réalisation de ce projet de restauration. Ils fournissent un cadre général de travail et permettent de faire connaître la finalité du projet aux secteurs concernés (agriculteurs, collectivités locales...).





4.1.2 Définir les buts et les objectifs

Les buts sont des définitions générales sur les résultats que l'on prévoit d'atteindre avec le projet. Par exemple, améliorer la qualité de l'eau dans une lagune côtière d'eau douce (projet LIFE-Nature « Restauration et aménagement des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter », LIFE 99 NAT/E/006386). Pour leur part, les objectifs sont des affirmations spécifiques axées sur l'hydrologie, les sols, la topographie et/ou les facteurs biologiques qui doivent être modifiés dans les zones humides pour leur restauration.

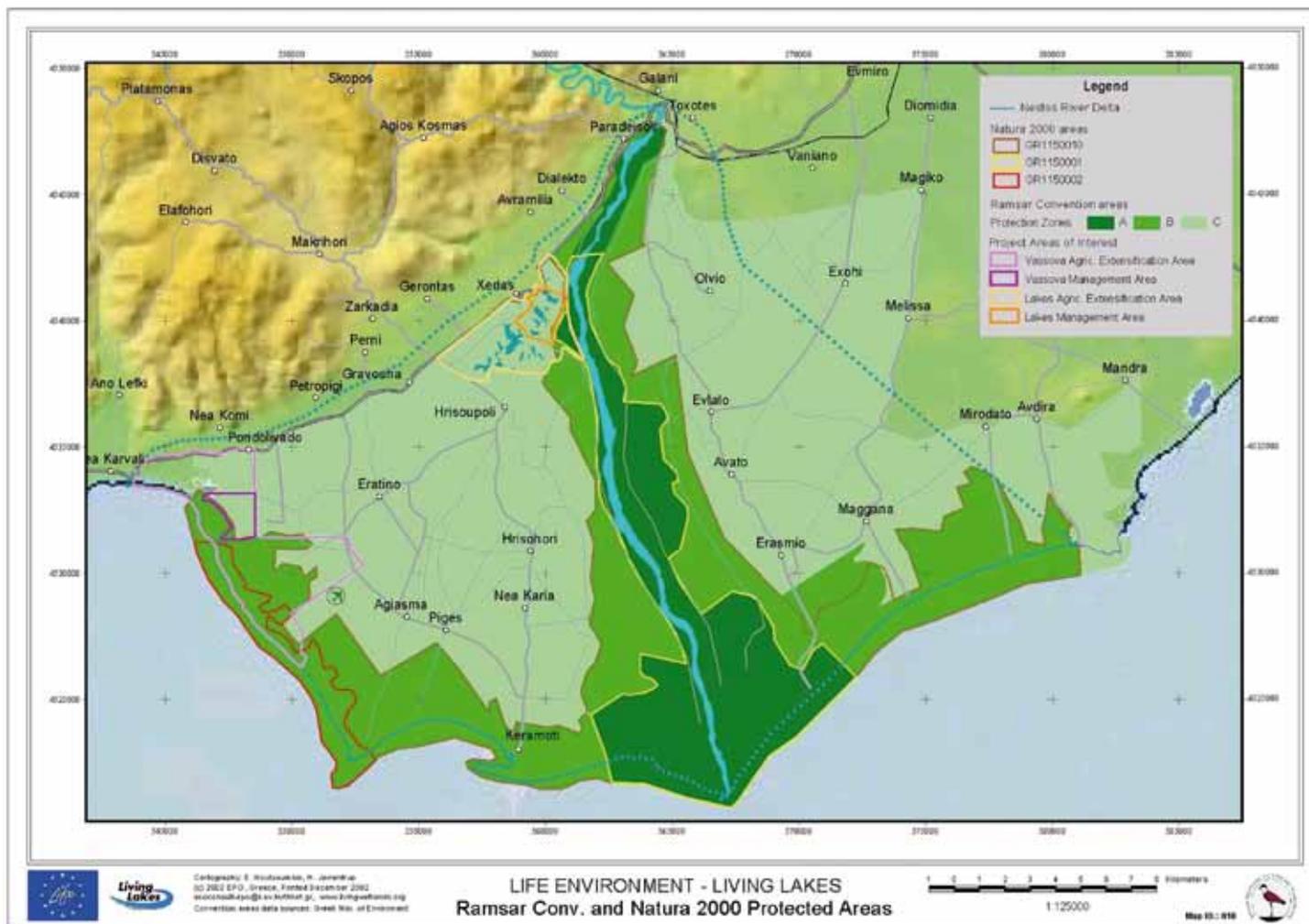
En reprenant l'exemple précédent, les objectifs sont : construction de zones humides d'épuration afin de réduire la charge de nutriments qui pénètrent dans la lagune et le dragage des sédiments dans les points à plus forte teneur organique. La réalisation de ces objectifs est déterminée par les critères dits de performance ou d'efficacité. Il s'agit d'éléments mesurables définis pour chaque objectif du projet. Ils doivent être mesurés avec des méthodes simples qui génèrent des données comparables et dont les résultats peuvent être reproduits. Un critère d'efficacité associé à ces objectifs pourrait spécifier une valeur de la concentration des nutriments à ne pas dépasser une fois la restauration achevée. L'élaboration de critères d'efficacité amène à revoir les buts et les objectifs.

Au moment d'établir les objectifs de notre projet nous devons nous appuyer sur les informations recueillies. Les informations

sur les conditions préexistantes de la zone humide ou à défaut sur les conditions écologiques existant dans les sites de référence (zones humides du même type et qui se trouvent moins altérées), nous indiqueront la direction vers laquelle orienter nos objectifs. D'autres projets de restauration menés avec succès doivent servir d'exemple afin d'élaborer de nouveaux projets et de déterminer si les objectifs fixés sont appropriés. L'observation des zones humides de référence nous permettra de comprendre l'écart naturel de la variation de la zone humide, un facteur très important que nous devons prendre en compte au moment de fixer les objectifs.

La conception de projets de restauration requiert des connaissances techniques et la participation d'experts essentiellement en hydrologie, géomorphologie et écologie.

Les méthodes pour la mise en œuvre du projet sont très diverses et doivent être exécutées à l'aide de toutes les connaissances possibles en matière d'écologie, d'hydrologie et de géomorphologie. Adopter la méthode la plus simple et envisager des alternatives est le meilleur système pour atteindre les objectifs du projet. La planification doit comprendre les coûts prévisionnels estimés, les probabilités que chaque plan permette d'atteindre les objectifs du projet et les points de vue de toutes les parties prenantes locales.



Zones de protection du delta de Nestos. Projet LIFE « Lacs vivants ».

4.1.3 Préparation des étapes ultérieures

Le plan choisi doit être étendu, jusqu'à devenir un plan détaillé d'élaboration permettant de guider la phase de mise en œuvre. Les plans de restauration doivent inclure des programmes de formation afin de garantir que la mise en œuvre soit réalisée avec les moyens les moins destructeurs possibles et des solutions écologiques responsables. Tout d'abord, il y a lieu d'élaborer et d'exécuter un projet pilote et d'affiner les méthodes de restauration. La conception de protocoles de terrain, de plans pour prévenir les impacts de construction, de spécifications/diagrammes des structures qui vont être installées, plans de construction, études d'impact environnemental, études géotechniques, études de conditions hydrologiques, etc. doivent être effectués au cours de la phase d'approche afin de diriger la mise en œuvre directe. Dans la mesure du possible, plutôt que des interventions actives, il faut privilégier l'utilisation de méthodes passives. Comme alternative, il faut opter pour des principes de bio-ingénierie ou des mesures physiques (par exemple, pour prévenir l'érosion : planter de la végétation indigène, utiliser des troncs ou des matériaux biodégradables, utiliser des matériaux qui ne se décomposent pas mais qui permettent la croissance de la végétation, etc.), au lieu d'utiliser des méthodes qui nécessitent des structures en dur ou de gros travaux d'excavation.

La restauration nécessite un suivi à long terme, ce qui implique la gestion et le suivi continus. Dans le processus de planification, une méthode de suivi permettant d'évaluer les critères d'efficacité doit être définie. Il existe deux facteurs que nous devons prendre en compte pour l'élaboration d'un programme de suivi :



- Différentes méthodes de suivi peuvent fournir des valeurs différentes. Par exemple, un critère d'efficacité exige de maintenir une couverture végétale composée à 70 % d'une espèce végétale donnée, mais différentes méthodes d'estimation du pourcentage de couverture fournissent des valeurs différentes pour le même site. Pour éviter cela, il est nécessaire que le critère d'efficacité spécifie la méthode à l'aide de laquelle les mesures doivent être effectuées.
- La variabilité naturelle à laquelle sont soumis tous les écosystèmes ; nous devons garder à l'esprit que tous les écosystèmes sont soumis à un changement et un développement continus et intégrer les variations temporelles et spatiales dans le programme de suivi afin que celui-ci soit efficace.

Les buts, objectifs, critères d'efficacité et méthodes de suivi doivent être consignés par écrit et être largement diffusés. Ils doivent également faire l'objet de révisions fréquentes afin que les projets ne s'écartent pas de la trajectoire prévue.



Étudiantes pendant les journées d'éducation à l'environnement dans le cadre du projet Life « mise en œuvre de mesures de gestion dans le Lac de Tavropos en Grèce »

4.1.3.1 Parties prenantes et participation du public

La restauration des zones humides doit être un processus ouvert impliquant tous les secteurs qui seront concernés par le projet (collectivités locales, intérêts sectoriels, autorités compétentes...). La participation totale au projet de restauration doit être encouragée, des premières étapes jusqu'à la conservation à long terme, y compris dans la phase de mise en œuvre. Dans de nombreux cas, le soutien de la communauté locale peut constituer un facteur clé qui détermine le succès ou l'échec du projet de restauration. La collaboration avec les parties impliquées et les organisations potentiellement affectées par le projet peut contribuer à obtenir le soutien nécessaire pour promouvoir la restauration et la protection à long terme la zone restaurée (USEPA 2000).

Pour toutes ces raisons, le projet de restauration n'est pas complet si des mesures visant à promouvoir la sensibilisation et à influencer les comportements et les pratiques ayant provoqué la dégradation de l'écosystème ne sont pas comprises dans la planification. Procéder à des campagnes de sensibilisation afin de réduire au minimum l'impact des activités qui entraînent la dégradation des systèmes aquatiques (par exemple, l'utilisation excessive et incorrecte de pesticides et d'engrais inappropriés, le manque d'assainissement, le dessèchement des zones humides et l'élagage excessif des forêts dans les bassins versants...) constitue un mécanisme supplémentaire pour impliquer dans le projet de restauration les propriétaires fonciers, les utilisateurs des ressources et les communautés environnantes et réussir ainsi à ce qu'ils tiennent compte des causes et des effets de la dégradation.

La divulgation (à travers des forums scientifiques et techniques et par le biais d'informations adressées au public en général) du déroulement d'un projet de restauration, ainsi que des résultats et réalisations obtenus, doit être considérée comme un aspect très important dans la planification du projet. Ainsi, diffuser des exemples de projets de restauration menés avec succès peut servir d'exemple et d'encouragement à la participation continue des parties prenantes locales et à l'élaboration de nouveaux projets et programmes.

La Convention Ramsar, par le biais de la résolution VII.8 sur les communautés locales et les populations autochtones, reconnaît le rôle fondamental des acteurs locaux dans l'application des principes d'utilisation rationnelle et dans la gestion des zones humides, tout en encourageant vivement à promouvoir leur participation active et informée. Afin qu'ils soient appliqués à la restauration de zones humides, les aspects ayant la plus grande importance sont indiqués ci-dessous :

- **Lignes directrices pour la mise en œuvre et le renforcement de la participation des communautés locales et des populations autochtones à la gestion des zones humides (résolution VII.8).**
- **Dans le contexte des présentes lignes directrices, on considère que les parties prenantes locales (« stakeholders »), sont celles qui représentent différents intérêts et/ou contribuent à la gestion d'une zone humide. Une importance particulière est accordée aux groupes d'intérêt au cœur des communautés locales et des populations autochtones ainsi qu'aux organismes gouvernementaux responsables de la gestion des zones humides.**

- Gagner la confiance des parties prenantes locales prend du temps et exige des efforts et de l'attention. Sont indiqués ci-dessous quelques éléments qui contribuent à renforcer la confiance :
- la volonté d'établir des objectifs communs par la coopération; les efforts partagés ; le respect mutuel ; une communication ouverte et permanente ; des attentes claires et réalistes concernant les résultats du processus ; l'achèvement des tâches convenues de façon satisfaisante et ponctuelle ; le respect des engagements et la participation de tous les secteurs de la communauté.
- L'intervention des parties prenantes locales dans la surveillance/suivi des sites et dans l'évaluation du processus fournit une contribution à la fois précieuse et importante à la réalisation des objectifs de conservation participative. Les autres bénéfices obtenus sont :
 - L'amélioration de la viabilité de l'écosystème.
 - La réduction des coûts de gestion.
 - L'assistance en matière de surveillance/suivi et de contrôle.
 - La diminution des infractions.
 - L'amélioration de la durabilité sociale et de la qualité de vie des communautés qui dépendent des zones humides.
- Les mécanismes de création de réseaux tels que des réunions régulières, des bulletins et des programmes radio remplissent un rôle en matière d'éducation et d'échange d'informations.



Conférences tenues par différents experts adressées aux agriculteurs de la Zone périphérique de protection au cours des 1ère et 2ème Journées de formation agricole.



Activités de didactique et de sensibilisation avec les enseignants de l'enseignement primaire dans le cadre du Programme d'Education à l'environnement Divulgation et conservation dans les étangs littoraux d'Adra.



Activités de didactique et de sensibilisation avec des élèves dans le cadre du Programme d'Education à l'environnement Divulgation et conservation dans les étangs littoraux d'Adra.



Journées sur LIFE zones humides.



Mise en place d'un panneau d'informations dans le cadre de LIFE « Amélioration de la gestion de la SCI et de la ZPS de Cabo de Gata-Níjar »



Participation scolaire, projet Life lac Trichonis.



Formation « in situ » de bénévoles qui participent à l'aménagement du territoire de nidification de flamants roses. Projet LIFE : « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie »

Bénévoles participant au reboisement à l'aide d'arbustes halophytes sur une île à Fuente de (Projet LIFE : « conservation et restauration des zones humides d'Andalousie »)

4.1.4 Mise en œuvre

Une fois que les modifications nécessaires à effectuer dans le milieu ont été déterminées, et que les méthodes à utiliser pour réparer les dommages sont décidées, nous passons à une nouvelle phase du projet de restauration : la mise en œuvre des mesures prévues.

La mise en œuvre comprend le processus physique de mener à bien le projet de restauration, conformément au plan conçu au cours des étapes précédentes. Nous ne devons pas oublier que dans la phase de mise en œuvre nous mettons en pratique les actions que nous avons décidées d'entreprendre afin d'atténuer la dégradation du milieu après un laborieux processus d'étude de ce dernier et des facteurs qui l'affectent. Ces actions doivent être issues d'un examen minutieux de la situation et d'une parfaite connaissance des besoins du milieu humide. C'est seulement de cette façon que nous parviendrons à ce que les actions réalisées permettent d'améliorer les conditions du système, plutôt que d'aller à leur rencontre.

Au cours de la mise en œuvre, nous obtenons un double objectif : d'une part, commencer les travaux de restauration, et d'autre part, promouvoir la diffusion et la sensibilisation à l'environnement de la population, en favorisant la collaboration et l'intérêt des citoyens pour les travaux exécutés, dont certains peuvent être réalisés par des bénévoles.

Cette étape du processus constitue la phase la plus populaire, du fait d'être la plus visible. La participation du public constitue l'avancée la plus significative pour permettre la conservation de l'environnement, en particulier une fois le projet de restauration achevé.

Dans ce chapitre nous allons aborder beaucoup de techniques employées concernant le sol, l'eau ou la biote de la zone humide, et nous verrons également, à travers les expériences LIFE et d'autres projets de restauration, que les efforts orientés vers les actions de sensibilisation et d'éducation à l'environnement sont très importants pour la réussite de la restauration de la zone humide.

4.1.4.1 Sensibilisation à l'environnement

L'éducation à l'environnement constitue une action indispensable de tout projet de restauration, qui doit être entreprise dès les premières étapes. La réussite de la restauration dépend souvent du fait qu'une partie de la communauté connaisse les objectifs du projet, que tous les secteurs concernés l'acceptent, et de l'importance de la conservation du milieu.

À l'occasion de la réalisation du projet LIFE « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie » a été organisée une journée à la lagune de Fuente de Piedra, à laquelle ont été invitées les personnes âgées de la commune qui souhaitaient y prendre part. L'objectif de cette journée était double. D'une part il s'agissait de faire connaître à la population locale, dans ce cas la tranche du troisième âge, les actions menées à bien dans le cadre de ce projet. D'autre part, l'objectif était de recueillir à partir des souvenirs et des expériences de la population locale, dans la mesure du possible, quelle a été l'évolution de la lagune, et pouvoir ainsi vérifier que les actions prévues étaient conformes à la configuration d'origine de la lagune et des terrains alentours. L'expérience a été très gratifiante et enrichissante. De plus il a pu être vérifié que la plupart des terrains qui allaient être restaurés faisaient partie de l'ensemble des zones humides de la lagune de Fuente de Piedra avant qu'ils aient été occupés et transformés à des fins agricoles.

Sensibiliser la population sur les effets des polluants dans les zones humides et leur demander de réduire l'utilisation d'engrais et de pesticides constitue un moyen d'améliorer la qualité de l'eau. Dans les étangs littoraux d'Adra, il existait de la part des agriculteurs un certain refus de connaître les problèmes environnementaux liés aux usages agricoles de la région. Ceci compliquait les tâches de gestion de la zone humide dans leur ensemble, tout en rendant indispensable l'étape de sensibilisation du public.

Avant la mise en œuvre des plans de gestion, une étude a été menée sur les techniques agricoles alternatives dans l'environnement des étangs littoraux d'Adra pour en savoir plus sur la viabilité économique d'autres types de cultures différents des serres conventionnelles. Les études ont démontré que pour la plupart des produits cultivés dans la zone, les bénéfices obtenus étaient supérieurs en employant des techniques de culture biologique. D'autre part, elles permettaient une minimisation des coûts environnementaux.

Pour faire connaître ces techniques, deux journées ont été organisées (au début et à la fin du projet), visant les habitants des environs en général et les agriculteurs en particulier. Ces séminaires ont permis de transmettre des renseignements utiles, dans le but que les activités agricoles de la zone puissent disposer de techniques de gestion alternatives aux conventionnelles, et de recueillir des informations sur les impacts environnementaux découlant de l'usage agricole traditionnel.

Des mesures telles que l'extensification, le retrait de terres, l'augmentation des jachères, ou la mise en place de nouveaux systèmes de culture permettent de réduire l'utilisation de produits agrochimiques.

Le projet de restauration effectué dans les lagunes du Nestos constitue un exemple de la manière dont les résultats obtenus associés à une large campagne d'éducation à l'environnement permettent d'accroître la motivation du public en matière de conservation. Des activités mises en place, comme la construc-



Journées de sensibilisation à l'environnement.



Journée participative pour les personnes âgées de Fuente de Piedra.



Éducation à l'environnement dans le delta de Nestos, Grèce. Projet LIFE « Lacs vivants »



Tourbières calcaires. Zone de clôture (Projet « Actions pour la protection de la tourbière calcaire du lac Trichonis »)



Signalisation à l'aide de panneaux. (Projet « Actions pour la protection de la tourbière calcaire du lac Trichonis »)

tion de zones tampons et de bandes-filtres de végétation dans les lagunes, ont suscité l'attention de la population locale et en particulier celle des pêcheurs des coopératives, qui ont été très intéressés par l'application de ces techniques à d'autres lagunes du delta ayant des problèmes similaires. Dans les lagunes, il a été proposé d'intégrer les terres d'élevage intensif dans les mesures d'extensification agroenvironnementale avec des intérêts financiers pour les agriculteurs.

Les lagunes de la rivière Sile accueillent une grande diversité d'espèces animales et végétales. Depuis que le milieu a été déclaré Parc Naturel en 1991, la gestion a dû faire face à de nombreux conflits avec les propriétaires de fermes. Le projet Life « Conservation des zones humides de la rivière Sile » a permis d'aboutir à des accords entre les secteurs impliqués et de nombreux agriculteurs se sont engagés à employer des techniques compatibles avec la protection de la zone, en particulier celle de la végétation autochtone. Les mesures adoptées comprennent : la création d'un point d'information offert par le Plan de développement rural sur les opportunités agroenvironnementales, des incitations économiques visant à promouvoir des mesures d'agriculture biologique et la publication d'un manuel de gestion des zones humides situées sur les parties privées.

4.1.4.2 Techniques de restauration des zones humides

Avant de débiter les actions prévues, il est nécessaire de procéder à une adaptation du site, que ce soit pour permettre des processus naturels ou pour le préparer pour les actions que nous réaliserons par la suite. Ces actions contiennent en général : l'élimination de déchets et de débris, la pose de clôtures ou la restriction de l'entrée dans la zone sur laquelle l'intervention va avoir lieu, l'achat de terrains, etc.



Restauration d'une ancienne décharge de déchets solides municipaux.

La première méthode à prendre en considération pour récupérer les fonctions d'une zone humide est de nous limiter à éliminer les facteurs qui provoquent la dégradation. Comme nous l'avons déjà mentionné, en raison de la complexité de ces écosystèmes, une action visant à améliorer un aspect négatif peut entraîner des effets imprévus. En définitive, toute action constitue une altération en soi. Parfois, il suffit d'identifier et de s'en prendre à la cause qui engendre la perturbation, afin qu'une fois celle-ci éliminée, le système soit rétabli. Cette méthode est souvent appelée stratégie passive.

Par exemple, si la végétation et la qualité de l'eau d'une zone humide sont affectés principalement par le pâturage, il peut suffire d'empêcher l'entrée du bétail dans la zone pour restaurer le système. La réussite des méthodes passives va dépendre du fait que la source de la dégradation puisse être arrêtée, qu'elle soit ponctuelle et n'affecte qu'un seul élément de la zone humide. De plus, il faut que ce dernier ne soit pas très dégradé. Les avantages des méthodes passives résident dans leur faible coût et dans le haut degré de certitude que la zone humide qui en résulte sera compatible avec le paysage environnant.

La pose de clôtures autour des tourbières calcaires et la signalisation à l'aide de panneaux interdisant de jeter des ordures et rappelant l'importance de prendre soin de l'habitat constituent des exemples de méthodes passives utilisées dans le cadre de la protection de la tourbière calcaire du lac Trichonis. Cette simple action a permis d'une part de restreindre l'accès à la zone en le limitant aux piétons et aux véhicules légers, d'autre part d'éviter le versement de déchets, et enfin de paralyser l'expansion des terres agricoles. De plus, aussi bien pour les clôtures que pour les panneaux, du bois ou des matériaux biologiques entièrement compatibles avec l'esthétique de l'environnement ont été utilisés. (Projet Life99 NAT/GR/006499 « Actions pour la protection de la tourbière calcaire du lac Trichonis »).

Protection des îlots à l'aide de planches pour prévenir l'érosion dans la lagune de Fuente de Piedra.

Cependant, les méthodes passives ne sont pas suffisantes pour orienter le système vers une évolution positive, l'emploi de méthodes actives s'avère par conséquent nécessaire. L'action anthropique directe sur les divers éléments de l'environnement (sédiments, hydrologie, biote) est dénommée stratégie active. Elle est utilisée lorsqu'une zone humide est sérieusement dégradée ou quand les objectifs ne peuvent pas être atteints d'une autre manière. Les méthodes actives impliquent des actions plus drastiques : transformation du contour d'un site pour obtenir la topographie désirée, modification du débit d'eau à l'aide de structures de maîtrise (par exemple, les barrages ou drainage), plantation et semence intensive, etc. En conséquence, la conception, les infrastructures et les coûts pour ces travaux sont plus élevés que dans le cadre de la stratégie passive.



Aménagement de l'îlot de nidification des flamants roses à Fuente de Piedra.



Les stratégies passives permettent la régénération naturelle des communautés de plantes, la recolonisation naturelle des animaux et le rétablissement de l'hydrologie et des sols des zones humides.

Restauration d'habitats de nidification dans la lagune de Fuente de Piedra

L'origine des terres émergées de la lagune de Fuente de Piedra se trouve dans les digues de l'industrie du sel, implantée dans cette lagune à la fin du XIXe siècle. Au fil des années, ces infrastructures se sont érodées en se détachant des rives, ce qui a permis à des oiseaux coloniaux (flamands roses et laromilicoles) de les utiliser comme territoire de reproduction. Traditionnellement, les flamands roses nichent dans un secteur de la digue centrale appelée île de Senra. Les laromilicoles établissent leurs principales colonies sur l'île de Saint-Louis et dans les piliers du nord-est.

L'intense action érosive de l'eau et du vent sur ces îlots provoque une diminution continue de leur surface et de leur cote, ce pourquoi beaucoup d'entre eux sont habituellement inondés au printemps. En conséquence, les colonies de sternes hansel et de mouettes se sont déplacées vers les digues de quelques anciens bassins de sel, à côté de la rive, où niche traditionnellement le gravelot à collier interrompu et d'autres limicoles. Ce phénomène a provoqué la déprédation des sternes sur les poussins de gravelots à collier interrompu, entraînant une diminution de sa reproduction jusqu'à des niveaux minimes. Du fait de la proximité de la rive, l'accès de mammifères prédateurs était fréquent, ce qui portait également atteinte aux colonies de sternes, mouettes rieuses et goélands railleurs. En ce qui concerne la colonie de flamants roses, il y a lieu d'indiquer que l'érosion de l'île de Senra a déterminé le fait que la colonie de reproduction se soit dispersée dans différents noyaux sur la digue centrale, augmentant la déprédation par des chiens et des renards.

Afin de récupérer ces habitats de nidification, dans le cadre du projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055, une action à caractère actif a été envisagée pour la Lagune de Fuente de Piedra, visant la restauration de trois îlots qui accueillent traditionnellement des colonies de nidification d'espèces protégées d'oiseaux aquatiques coloniaux, et parmi elles le flamand rose (*Phoenicopus ruber roseus*), la sterne hansel (*Gelochelidon nilotica*) et goéland railleur (*Larus genei*).

Les travaux de restauration ont consisté à élever la cote des îlots et à protéger les rives face à l'érosion et la diversification de l'habitat.

Pour la planification des travaux a été pris en compte le fait que les matériaux permettant l'élévation des îlots soient extraits des zones immédiates, où il existe d'anciens canaux de marais salants, afin de ne pas affecter les zones de sédiments non altérés de la lagune. Pour la protection des rives et afin de ne pas introduire dans le bassin lagunaire de matériaux de verre qui pourraient affecter de quelque manière que ce soit la micro-sédimentation du système, il a été décidé d'utiliser du bois pour la protection des rives des îlots.

La machine utilisée était une rétro-excavatrice giratoire de petite taille qui a été déplacée sur des plates-formes en bois transportées par la machine elle-même. L'accès aux zones d'action a été réalisé en suivant le tracé d'anciennes digues. Les mouvements de terrain ont surtout porté sur l'élévation de la cote de couronnement des îlots, dans certains cas (îlots du nord-est et San Luis), ils ont été effectués à l'aide d'un plan circulaire et annulaire afin de fournir une plus grande résistance à l'érosion.

Enfin, des travaux ont été réalisés afin d'adapter les territoires de reproduction en ayant à titre de référence le fait que les mouettes occupent de préférence les zones possédant la plus grande couverture végétale, tandis que les sternes hansel localisent leurs nids dans les zones ayant une couverture inférieure, bien que protégées du vent.

Pour favoriser l'établissement de colonies de sternes hansel, des troncs de bois, qui étaient apparus lors des travaux d'excavation, ont été disposés, afin de créer des zones de refuge face au vent. Ont été déposés également de petits amas de gravier afin qu'ils soient utilisés comme matériau pour l'élaboration de leurs nids. Outre les gestions précédentes, sur l'île de los Espigones del Noreste, des arbustes halophytes ont été implantés afin de favoriser leur colonisation.

L'île de Senra avait un substrat dur suite à son élévation. Pour permettre l'occupation par les flamands roses il a été procédé à l'excavation de petites dépressions en surface et des nids de boue ont été construits dans certaines zones. Les petites dépressions permettent de former des mares sur l'îlot où les oiseaux peuvent extraire des sédiments afin de construire leurs nids (Rendon-Martos et Johnson 1996).

Après le remodelage des îlots, la protection de leurs marges a été effectuée par le biais de la construction de palissades faites de planches suivant un modèle utilisé traditionnellement dans les marais salants des marais de l'Odiel pour prévenir l'érosion des parois. Les travaux ont été effectués durant l'été 2005, profitant d'une année de sécheresse durant laquelle les flamants roses n'avaient pas procédé à la nidification dans la lagune. Au printemps 2006 les conditions suffisantes de précipitation et de niveau d'eau dans la lagune étaient réunies pour que les flamants roses puissent réaliser leur nidification sur l'île de Senra et les sternes sur celle de San Luis.

Afin d'éviter toute agression sur le milieu dérivée de la mise en œuvre de méthodes actives, des techniques de bio-ingénierie ou solutions naturelles sont employées. Ces techniques tentent de produire le minimum d'impact possible par l'utilisation de matériaux qui seront rapidement intégrés à l'environnement, l'utilisation d'espèces indigènes et l'emploi de matériaux qui imitent ou se rapprochent de formes naturelles. Exemples de solutions naturelles utilisées pour lutter contre l'érosion :

- Plantation de la végétation indigène, en particulier des espèces à croissance rapide tels que les saules. Dans la lagune Amarga (lagunes du sud de Cordoue) un repeuplement a été réalisé avec différentes espèces caractéristiques de la zone tels que le chêne vert (*Quercus ilex* ssp. *Ballota*), l'aubépine (*Crataegus monogyna*), l'aubépine noire (*Rhamnus lyciodes* ssp. *oleoides*), le nerprun alatern (*Rhamnus alaternus*), le chêne kermès (*Quercus coccifera*), le lentisque (de *Pistacia lentiscus*), etc. Une oliveraie originale existant dans la zone a également été mise à profit, puisque les racines de l'olivier, ayant un type de surface et une large couverture, sont très efficaces pour la fixation du sol.
- Couvrir les bancs avec des troncs qui se décomposeront au fil du temps ; ou établir les bancs avec des « matériaux géotextiles » qui ne se décomposent pas, mais qui sont couverts avec de la terre et permettent la croissance de racines à travers le matériau.

L'écotechnologie ou l'ingénierie écologique est l'application d'approches écologiquement appropriées dans les travaux d'ingénierie. Ces techniques tentent de stimuler des processus naturels afin que les restaurations soient autonomes.

Le but est de rétablir l'équilibre naturel du système (par exemple, l'équilibre entre la sédimentation et l'érosion dans les zones de marais littoraux) et que celui-ci se maintienne en nécessitant un entretien minimal à l'avenir. En plus d'être préférables du point de vue écologique, les méthodes de bio-ingénierie ont tendance à être plus économiques que les techniques traditionnelles.

Projet LIFE « Marais littoraux » : application des techniques d'ingénierie écologique.

Ce projet emploie des techniques d'ingénierie écologique pour protéger et restaurer les marais de la lagune de Venise. Il s'agit d'un projet pionnier dans l'application des techniques de bio-ingénierie à des écosystèmes salins. En revanche, dans des systèmes d'eau douce, elles sont développées depuis longtemps. Par exemple, il existe une grande expérience dans la culture de végétation d'eau douce qui contraste avec la faible expérience dans la culture d'espèces halophytes. Le projet LIFE-marais adapte des techniques d'eau douce, en les appliquant avec succès aux plantes des marais.

Les matériaux utilisés sont : matériau végétal vivant, comme des graines, des parties de plantes (rhizomes), des plantes entières ou des groupes de plantes ; des matériaux organiques, tels que des branches et des fibres obtenues à partir de plantes ; et des matériaux inertes, comme par exemple des pierres. Lorsque l'utilisation de matériaux synthétiques ou plastiques est inévitable, des matériaux dégradables sont employés.

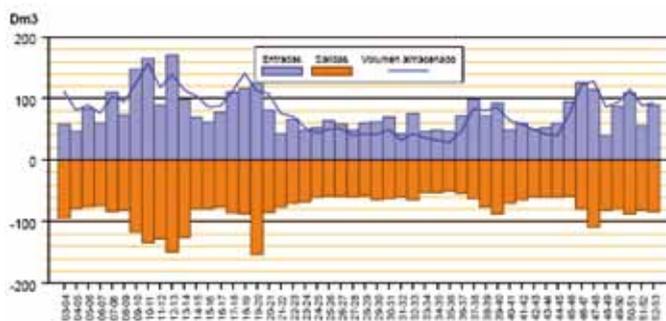
Nous allons maintenant décrire les techniques employées au sein des méthodes actives, classées en quatre groupes en fonction des éléments sur lesquels elles agissent : le régime hydrologique, la qualité de l'eau, le sédiment ou la biote.



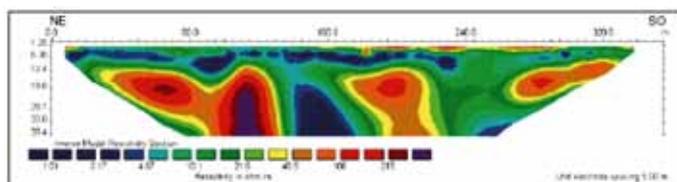
Grand chêne vert utilisé pour le reboisement de la lagune Amarga (projet Life : « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie »)



Bilan hydrique de la lagune Amarga. Entrées, sorties et volume moyen annuel d'eau stockée



Profil de résistivités réelles obtenues par l'interprétation du profil de tomographie électrique réalisé dans la lagune Amarga



Vannes de forme trapézoïdale pour remplacer d'anciens caissons sur un canal à proximité de la lagune de Fuente de Piedra. Les vannes se composent d'une série de planches horizontales en bois emboîtées entre elles. Cette conception a été élaborée afin que les planches puissent être séparées individuellement permettant ainsi à l'eau de circuler par la partie supérieure de la vanne tout en empêchant le passage des solides (déposés dans le fond), et en obtenant une meilleure maîtrise des flux d'eau. Projet LIFE « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie ».

4.1.4.2.1 Régime hydrologique

Avant de débuter toute action destinée à rétablir l'hydrologie d'un système, il est nécessaire de procéder à une évaluation des conditions existantes, des caractéristiques du bassin et du régime local de perturbations afin de déterminer quels changements sont nécessaires pour récupérer le régime hydrologique naturel de la zone humide. La restauration hydrique de zones humides implique l'évolution du système conformément à la variabilité naturelle du lieu, ce pourquoi une bonne compréhension de l'équilibre hydrique est essentielle. De nombreux milieux aquatiques continentaux (surtout des rivières, lacs et zones humides) dépendent des eaux souterraines. Le contre-exemple le plus évident est celui du Parc National de Las Tablas de Daimiel, qui s'est détaché de l'aquifère souterrain en 1986 suite à la surexploitation de celui-ci. Depuis il doit recevoir de l'eau d'un autre bassin hydrographique pour subsister.

Les actions proposées dans cette partie sont génériques et font référence à des activités généralement mises en place pour modifier les caractéristiques hydriques d'une zone humide. Ces actions sont issues de projets de restauration réalisés après une étude exhaustive du milieu, et des conséquences que ces actions pourraient entraîner.

Élaboration d'études hydrogéologiques sur le SIC ZICO « Lagunes du sud de Cordoue »

Avant le début des actions comprises dans le projet « Restauration des zones humides du SIC/ZICO Lagunes du sud de Cordoue », il a été procédé à des études hydrogéologiques sur des lagunes des environs, Rincón, Santiago, Amarga et Dulce. Des inventaires de points d'eau, de photogéologie, géologie de détail, géophysique (réalisation de sondages électriques verticaux et prises de résistivité dans les puits ou sondages en exploitation), sondages d'exploitation et d'équilibre hydrogéologique ont été inclus à ces études.

En premier lieu il a été procédé à la collecte d'informations et de l'historique, aussi bien concernant les lacunes que les zones à proximité. Par la suite le contact a été pris avec la zone à étudier par le biais de sa reconnaissance sur le terrain dans le but d'établir les critères pour la levée des informations et de définir géographiquement la zone d'étude.

L'inventaire des points d'eau et des mesures in situ a ensuite débuté (au total de 58 points d'eau ont été localisés), en collectant des informations sur leur emplacement et les caractéristiques hydrologiques. Par la suite, ces informations ont été regroupées pour former une base de données qui fut complétée au fur et à mesure que les informations non inventoriées étaient obtenues. L'élaboration de l'inventaire a permis de connaître les matériaux des aquifères ou aquitards, la situation des niveaux piézométriques, les volumes extraits et les principales utilisations de l'eau souterraine dans cette zone. Dans certains cas, des données géologiques et hydrogéologiques intéressantes ont été obtenues, tels que les colonnes lithologiques, le comportement face aux extractions, les oscillations de niveaux, etc. L'objectif fondamental recherché a ainsi été atteint : établir un réseau piézométrique représentatif des aquifères présents dans la zone d'étude pour pouvoir définir les limites du système hydrogéologique de l'environnement des lagunes.

17 stations météorologiques ont été sélectionnées ce qui a permis de tracer la distribution temporelle et spatiale des précipitations. Parallèlement, une analyse des bassins hydrographiques a été réalisée au moyen des plans topographiques, des photographies aériennes disponibles et des observations effectuées sur le terrain, après avoir étudié en détail les bassins versants orientés vers les lagunes, l'analyse de la forme, l'analyse du réseau hydrographique, l'analyse du relief et l'élaboration de cartes hydrologiques qui collectent les bassins définis et le réseau de drainage.

Enfin, une étude géologique a été réalisée (à l'aide de reconnaissances sur le terrain et d'une analyse photogéologique), qui a permis d'effectuer l'analyse et les cartes géologiques des zones faisant l'objet de l'étude. À ces fins, le cadre géologique régional, les unités et ensembles lithostratigraphiques de l'environnement des lagunes ainsi que la tectonique et la géomorphologie de toute la zone ont été analysés.

Dans l'idée d'étudier en détail la distribution en profondeur des matériaux et leur comportement en profondeur, dans le cadre de cette étude une prospection géophysique consistant en un total de 9 sondages électriques verticaux et de 3 profils de tomographie électrique ont été effectués.

En ce qui concerne les SEV, deux interprétations électriques ont été effectuées. La première correspond aux résistivités apparentes telles qu'elles ont été mesurées sur le terrain et la seconde est celle réalisée après un tri des données de terrain et l'élimination de celles considérées comme anormales.

D'autre part, les profils de tomographie électrique ont consisté à mesurer la résistivité apparente sur le terrain par le biais d'un ensemble d'électrodes disposées à équidistance sur un profil linéaire. Une séparation de 5 mètres a été respectée entre les électrodes dans les profils de tomographie électrique réalisés.

Selon les données de l'équilibre hydrique, la circulation souterraine a une influence primordiale sur la conservation des lagunes del Rincón et Amarga, ce pourquoi la décharge des aquifères dans les lagunes est importante malgré le fait que les matériaux ne puissent pas être considérés comme des aquifères de grande entité.

Ces études ont constitué un outil important pour la gestion et la conservation de ces lagunes. (Projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055.)

Les techniques employées pour récupérer les caractéristiques hydrologiques d'une zone humide comprennent : la suppression de barrages ou autres structures de maîtrise de l'eau, le remplissage ou recouvrement des fossés ou des déversoirs et le retrait des remplissages qui ont élevé la surface de la terre. Le résultat ne devrait pas inclure d'inondation ou de drainage excessif.

Pour maîtriser les niveaux d'eau, on utilise des structures permettant l'entrée ou la sortie d'eau telles que : écluses, égouts, vannes manuelles ou automatiques, digues de contrôle... L'utilisation de ces structures dépendra de plusieurs facteurs, comme par exemple : la précision de la maîtrise de l'eau requise, la variation des flux saisonniers, la possibilité d'obstruction de la part de débris ou de la végétation, etc. Elles permettront de garantir le volume d'eau prévu pour la zone. Les propositions de gestion concrètes et complètes ne doivent pas seulement prendre en considération le maintien du niveau d'eau dans les



Vérification de la cote du canal de drainage du Laguneto à Fuente de Piedra.



Retrait de sédiments dans la lagune de Cantarranas, Fuente de Piedra



Études de terrain à Fuente de Piedra



Fermeture du canal de drainage de la lagune de Cantarranas



Compactage du sol

lagunes, mais aussi la qualité de l'eau, le maintien des fluctuations dans le cycle hydrologique, la variété des environnements qui permettent une offre adaptée des lieux en vue de la nidification, l'alimentation et le refuge de la faune.

Lorsque le problème réside dans l'insuffisance de l'approvisionnement en eau, il est possible d'avoir recours à des pompes à eau, à l'excavation de canaux ou l'installation de tuyaux qui amènent de l'eau supplémentaire. Les structures de soutènement telles que des barrières, des digues ou des barrages ne sont en général pas utilisées pour élever le niveau des zones humides à moins que des déversoirs ne soient à disposition dans la conception. L'augmentation des niveaux d'eau favorise l'établissement d'une végétation hélophytique, et peut également engendrer des effets négatifs, par exemple, dans les zones situées à proximité de la mer, elle peut conduire à l'entrée d'eau saline dans des systèmes d'eaux souterraines et des zones humides, entraînant la salinisation du système.

Le fait que les connaissances sur la dynamique des milieux humides soient limitées implique que toute intervention, quoique bien intentionnée, puisse échouer ou entraîner -à moyen et long terme- des conséquences non désirées.

Il est recommandé d'employer des structures qui nécessitent le moins d'entretien possible, qui permettent une flexibilité d'utilisation et qui soient capables de résister aux événements hydrologiques et climatiques extrêmes (par exemple la glace pendant l'hiver). L'utilisation de matières naturelles ou écologiques est également conseillée, d'une part parce qu'elles engendrent un moindre impact sur l'environnement, et d'autre part parce qu'elles facilitent la croissance de la végétation et le repeuplement d'espèces animales.

Agir sur la topographie au lieu d'utiliser des structures de maîtrise de l'eau constitue une autre mesure permettant d'atteindre le niveau d'eau approprié. Par exemple, nous pouvons augmenter l'élévation du substrat, en important des sédiments ou un type de sol approprié. Parfois, la sédimentation naturelle propre peut être suffisante. En revanche, si nous avons besoin d'augmenter la profondeur, nous devons creuser jusqu'à l'obtention du niveau, en accordant une attention particulière à l'existence de graines viables dans le sol, puisque les populations de nombreuses espèces de plantes émergentes et éphémères se régénèrent à partir de graines présentes dans la banque de graines (Van der Valk et Davis 1978 ; Van der Valk 1981).

Les propositions de gestion concrètes et complètes ne doivent pas seulement prendre en considération le maintien du niveau d'eau dans les lagunes, mais aussi la qualité de l'eau, le maintien des fluctuations dans le cycle hydrologique, la variété des environnements qui permettent une offre adaptée des lieux en vue de la nidification, l'alimentation et le refuge de la faune.

Le fait que les connaissances sur la dynamique des milieux humides soient limitées implique que toute intervention, quoique bien intentionnée, puisse échouer ou entraîner -à moyen et long terme- des conséquences non désirées.

Récupération de la lagune de Cantarranas

A milieu du XXe siècle, dans l'intention de dessécher la lagune de Cantarranas, le tracé du ruisseau Arroyo de los Arenales a été modifié et un canal de drainage a été construit pour capter l'eau et la verser dans la lagune de Fuente de Piedra. Bien que pendant quelques années la lagune ait retenu de l'eau, en été le bassin lagunaire était labouré, favorisant l'extension des rose-lières dans le bassin lagunaire. D'un autre côté, en période de pluie le déplacement de sédiments augmentait, ce qui colmatait la lagune, surtout dans la zone ouest du fait de l'existence d'une oliveraie située sur un terrain aux pentes abruptes.

Une fois les terrains acquis dans le cadre du projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055, un relevé topographique de la zone a été effectué, afin d'établir la cote maximum d'inondation de la lagune et ainsi déterminer en détail les actions à effectuer.

La première action a consisté à retirer les apports de sédiments provenant de l'oliveraie située à proximité, abaisser la cote des terrains de la lagune de Cantarranas et augmenter la surface susceptible d'être affectée par les inondations. Pour ce faire, il a fallu au préalable débroussailler la végétation dense de laïche qui recouvrait cette zone. Les terrains retirés ont été déplacés vers la limite ouest de la propriété publique, créant un mur dans la zone à proximité du chemin d'accès, dans le but de retenir le déplacement de sédiments de l'oliveraie et fournir en même temps de la nourriture pour un observatoire d'oiseaux.

D'autre part, un puits existant dans le bassin lagunaire a été obstrué avec les matériaux extraits pour son excavation, et un bassin de propriété privée a été isolé de la zone inondable en l'entourant d'un tas de terres.

À l'embouchure du ruisseau Arroyo de los Arenales a été retirée une partie des murs du canal existant, ces terres ainsi que ceux d'autres travaux étant amassés à la limite de cette propriété publique. À l'aide de ces terres un petit mur a été construit pour empêcher que l'eau envahisse les terres attenantes et permettre à la lagune de s'écouler par le ruisseau Arroyo de los Arenales. Pour fermer le canal de drainage de la lagune à la hauteur de sa connexion avec le ruisseau Arroyo de los Arenales, il a été procédé à la pose d'une compuerta à double armature en bois et en terre.

À la fin des travaux, qui a coïncidé avec la saison des pluies, le rétablissement de la végétation des terrains les plus élevés dans les environs proches de la lagune a été réalisé par la plantation d'espèces comme le *Pistachier lentisque*, *Quercus rotundifolia* et le *Tamarix africana*.

Ce type d'actions implique de modifier le contour et la forme de la cuvette pour restaurer le lien correct entre l'hydrologie de la zone humide et sa topographie. **Ces mesures doivent être réalisées avec une extrême prudence et après avoir effectué des études strictes sur la géomorphologie et la topographie du terrain.** Ces zones humides où la principale source d'eau est cotidale ou souterraine requièrent une attention particulière, dans ces cas le nivellement doit être très précis, car de petits écarts peuvent altérer l'habitat de la végétation.

Régénération hydrique du bassin lagunaire : La Nava

Les actions réalisées dans la commune de Fuentes de Nava, dans le cadre du projet LIFE « Lacs vivants : gestion durable de zones humides et des lagunes steppiques » (LIFE00/ENV/D/000351), ont permis la récupération et l'inondation de 150 ha qui avaient fonctionné jusqu'alors comme une lagune. Le but recherché était d'obtenir, pour la zone restaurée, dans la mesure du possible, le régime hydrique qu'elle possédait dans des conditions naturelles, c'est-à-dire avec une alternance de périodes d'inondation et de sécheresse d'une intensité et d'une durée variables. Conformément à cet objectif, les entrées dans la lagune ont eu lieu au cours de la période hiver-printemps, la laissant s'assécher au début de l'été et se maintenant dans cet état jusqu'à l'arrivée des pluies d'automne.

Les travaux dans le bassin lagunaire ont affecté exclusivement la zone à inonder et ont consisté à obstruer des fossés de drainage à l'exception de ceux nécessaires à la gestion de l'eau et à la construction d'un mur pour la rétention d'eau dans les limites prévues. Le mur de terre construit a une section trapézoïdale, avec environ 7 m de base, 1 m de hauteur et 1 000 m de longueur. L'excavation ou l'extraction de la terre a eu lieu avec un chargeur, agissant plusieurs dizaines de fois, formant de petites lagunes de 15 à 50 cm de profondeur à l'intérieur de la surface. L'apport de talus a été effectué à l'aide d'une niveleuse. Le compactage est issu du passage de la machine qui, avec la différence de poids sur chaque axe, crée un compactage suffisant. Le plan du mur est irrégulier vers l'intérieur de sorte qu'il présente l'interface maximale eau/terre. À la surface récupérée s'ajoutent 150 ha inondés temporairement (le bassin lagunaire se maintient inondé pour favoriser la régénération de la végétation aquatique, pendant la période la plus longue possible de moindre demande en eau à d'autres fins). De cette façon, on favorise la croissance des pâtures et leur utilisation ultérieure par les éleveurs de Fuentes de Nava, en combinant les actions de restauration et celles du maintien d'une activité économique importante dans la commune.

Le volume d'eau nécessaire pour maintenir le régime hydrique proposé est estimé à 0,5 Hm³/an. Afin de garantir qu'en aucun cas l'eau ne dépasse les limites fixées, le déchargement ne se produit pas en une seule fois, mais peu à peu. De la manière la plus simplifiée, les entrées d'eau dans la lagune ont lieu à deux moments de l'année. La première correspond au début de l'automne météorologique, afin de faciliter la migration des oiseaux et assurer les inondations hivernales nécessaires aux espèces hivernantes. La seconde s'effectue à la fin de l'hiver, ce qui coïncide avec la migration hivernale vers le Nord et le début de la nidification. La date et le volume de cette deuxième entrée se fait en fonction des précipitations enregistrées chaque année.



Aménagement de l'embouchure du ruisseau Santillán dans la lagune de Fuente de Piedra.



Embouchure du ruisseau Santillán avant le début des travaux de restauration.



Massette (*Typha* sp.)

4.1.4.2.2 Qualité des eaux

La restauration requiert une conception basée non seulement sur la zone humide dégradée mais aussi sur les caractéristiques du bassin. Les activités orientées vers la récupération de la qualité de l'eau d'une zone humide doivent provenir d'une bonne caractérisation des relations existantes entre la zone humide et leur bassin de drainage.

Les causes qui produisent une perte de qualité de l'eau des zones humides sont nombreuses : eutrophisation, mauvaise gestion des entrées d'eau (perte de niveaux, salinisation, comblement, confinement, etc.), pollution, que ce soit par des déchets urbains, agricoles, ou industriels, etc. De toute façon, identifier la cause est la première des actions qui doit être abordée.

Si la zone humide reçoit des apports en substances polluantes, nous devons localiser la source de la pollution. Celle-ci peut être due à des utilisations et à des décharges en amont ou dans des zones adjacentes, des déversements d'eaux usées, d'autres tuyauteries de décharge, des fossés drainant des zones industrielles ou agricoles, des décharges publiques ou des endroits où les ordures sont déposées illégalement, etc.

Une fois la source localisée, nous devons éviter, autant que possible, l'entrée de polluants dans le milieu. Par exemple, les ruisseaux de Santillán et de Mari Fernández versaient des eaux chargées en sédiments et en déchets, produits de divers traitements agricoles dans l'environnement, directement dans la lagune de Fuente de Piedra. Afin de maîtriser ces déchets, on a directement agi sur les terrains périlagunaires, par le nettoyage et l'élimination des parois latérales existantes dans ces voies d'eau. Nous avons ainsi obtenu l'inondation des terrains environnants, acquis par le Ministère de l'Environnement dans le cadre du projet LIFE « Conservation et restauration de zones humides d'Andalousie », et un filtrage naturel des eaux avant leur embouchure dans la lagune.

D'autre part, la rétention de l'eau avant l'entrée dans la lagune a favorisé la sédimentation des particules les plus fines, augmentant l'alimentation de l'aquifère et la surface de zones humides qui avaient été réduites par des usages agricoles. Pour cela, on a retiré au moyen d'une pelle rétrocaveuse les parois en terre qui endiguaient ces ruisseaux des deux côtés. Cette terre a été employée pour réaliser une partie d'un sentier qui servira à faciliter la visite et les activités à usage public dans cette zone.

Une autre activité réalisée a été le retrait de l'enclos qui était en très mauvais état, pour ensuite le remplacer par un nouveau dans la limite de la propriété publique acquise. Le nouvel enclos est constitué de poteaux en bois traité et d'un grillage d'élevage. Aux abords du centre des visiteurs où l'afflux de public est plus grand, cet enclos cynégétique a été remplacé par une clôture texane composée de poteaux en bois.

Quand la zone humide contient des polluants dans des quantités toxiques pour les organismes qui y habitent, les matériaux toxiques doivent être extraits. Par exemple : l'accident minier qui a eu lieu à Aznalcóllar où l'on a retiré 7 millions de mètres cubes de matériaux pollués entre mai et novembre 1998.

Qualité des eaux à Aznalcóllar

Après le déversement toxique produit par la rupture d'un barrage minier en pyrite à Aznalcóllar, ont commencé les tâches pour stopper la pollution. Le traitement physico-chimique des eaux retenues à Entremuros a été effectué au moyen d'équipements mobiles pour le dosage et le mélange de réactifs (carbonate de sodium, hydroxyde de calcium et soude), en précipitant les métaux lourds dans des bassins de décantation construits à cet effet. La capacité quotidienne de traitement par ce système a été approximativement de 50 000 m³. D'autre part, le volume d'eau provenant des eaux retenues dans les tronçons depuis le début d'Entremuros jusqu'au pont des Vaqueros, d'une qualité acceptable afin de permettre le déversement direct, était pompé et conduit par tuyauterie en aval du mur de rétention à un rythme quotidien d'approximativement 80 000 m³.

Ensuite, la Confédération Hydrographique du Guadalquivir a commencé la mise en œuvre d'une installation d'épuration conventionnelle de traitement physico-chimique à travers un décanteur-épaisseur rectangulaire de type lamellaire, à Entremuros. La capacité de cet épurateur, d'environ 50 000 m³/jour, a contribué à augmenter le débit quotidien d'eau prélevée du réservoir. Le 21 août, il a été décidé de mettre fin au traitement physico-chimique à ciel ouvert, et de ne traiter que les eaux restantes dans l'installation épuratrice jusqu'à septembre.

Les résultats obtenus permettent d'assurer que l'eau versée a été maintenue en-dessous des limites légales établies, tant en métaux dissous qu'en métaux totaux, aucun incident dans l'embouchure du Guadalquivir n'ayant été détecté ni de mortalité de poissons ou de mollusques qui pourrait être imputable à la vidange du réservoir d'Entremuros.

Dans la majorité des cas, la source de pollution ne peut être éliminée. Au lieu de cela, nous devons opter pour des mesures qui nous permettent d'atténuer son impact. Ces mesures sont dénommées « Meilleures Pratiques de Gestion », parmi lesquelles sont comprises des activités telles que l'étiquetage des systèmes d'évacuation des pluies d'orages, l'installation des bassins de rétention, la construction d'épurateurs, le traitement physico-chimique de l'eau, etc.

Meilleures Pratiques de Gestion

Souvent appelées simplement BMP (sigles en anglais). Il s'agit d'une pratique ou de la combinaison de plusieurs pratiques considérées comme la manière la plus effective, la plus pratique, la plus économique et la plus technologiquement sophistiquée de prévoir ou réduire les impacts négatifs sur l'environnement.



Analyse d'eau d'un des ruisseaux qui versaient des eaux polluées dans la lagune de Boada. Projet LIFE « Lacs vivants : gestion durable de zones humides et de lagunes steppiques »



Filtre de macrophytes récemment installé dans le district d'Avilés. Projet LIFE « Macrophytes »



Panneau des phases de réalisation du filtre de macrophytes dans le Parc Naturel Régional Molentargius Saline.



Plantation de roseaux palustres dans un canal pour améliorer la qualité des eaux.



Filtre vert dans la lagune d'Orbetello, Sardaigne

D'autres possibilités pour améliorer la qualité de l'eau consistent à changer l'itinéraire de l'eau grâce à des bassins ou d'autres structures construites pour permettre que l'excès de nutriments, sédiments ou polluants se dépose, qu'ils soient absorbés ou convertis en une forme moins nuisible par des processus naturels. Les techniques suivantes utilisent ces systèmes :

Zones d'amortissement

Ce sont des bandes de terrain couvertes par de la végétation permanente pour recueillir et maîtriser les polluants avant d'arriver aux zones sensibles et causer d'autres problèmes environnementaux. L'utilisation de zones amortissantes est une excellente façon d'assurer la qualité de l'eau et l'habitat pour les poissons et la vie sauvage, ainsi que pour d'autres bénéfices environnementaux. Ces systèmes sont plus efficaces s'ils sont associés à d'autres mesures de conservation. La création de ces zones entre les zones humides et les zones de culture permet de réduire la pollution diffuse provenant de nutriments agricoles ou de sédiments provenant des zones adjacentes. Dans les lagunes côtières du Delta du Nestos (Grèce), une bande végétale d'amortissement et de filtration d'environ 6 ha a été créée et a réduit de 60 % les charges en azote et en phosphore des effluents concentrés dans les canaux de drainage. Ces zones ont été densément plantées avec différentes espèces afin de maîtriser l'érosion et d'éviter l'entrée d'effluents agricoles. De même, elles ont été clôturées pour éviter l'entrée de troupeaux d'herbivores. De plus, ces zones accomplissent une double fonction en agissant, comme « biotopes ponts » pour que les espèces sauvages reconnectent les différents lacs avec les habitats naturels. (Projet LIFE « Lacs vivants : gestion durable de zones humides et de lagunes steppiques », LIFE00/ENV/D/000351).

Aménagement de zones d'amortissement

La Fondation Global Nature, dans le cadre d'un projet LIFE, a développé des travaux d'aménagement de l'environnement des lagunes de la Nava et de Boada qui ont impliqué la plantation de 10 500 arbres et arbustes d'espèces autochtones : saules, peuplier noir, peuplier blanc, tamaris, aubépine, fusain, mûre de ronce, cornouiller, prunellier et sureau.

De plus, 2 hectares de chardon ont été plantés sur des parcelles limitrophes à la lagune de la Nava. Les chardons ont une intense activité de photosynthèse en hiver et s'adaptent parfaitement aux conditions du climat sec en Espagne. D'autre part, la présence de ces espèces contribue à la production de biomasse de telle façon à favoriser l'abri et l'alimentation de différentes espèces d'oiseaux. La végétation plantée dans l'environnement des lagunes permet de diminuer les apports en nutriments provenant des parcelles agricoles périlagunaires. De plus, son système racinaire permet de retenir le sol et, par conséquent, d'éviter les processus érosifs.

Ces mesures ont contribué à améliorer les habitats naturels de ces zones humides ainsi que les zones d'utilisation publique limitrophes.

Bioremédiation

La bioremédiation ou la remédiation biologique est une méthode d’assainissement environnementale qui emploie des organismes vivants afin de dégrader et de transformer des polluants en composés moins nocifs tant dans des écosystèmes terrestres que dans des écosystèmes aquatiques.

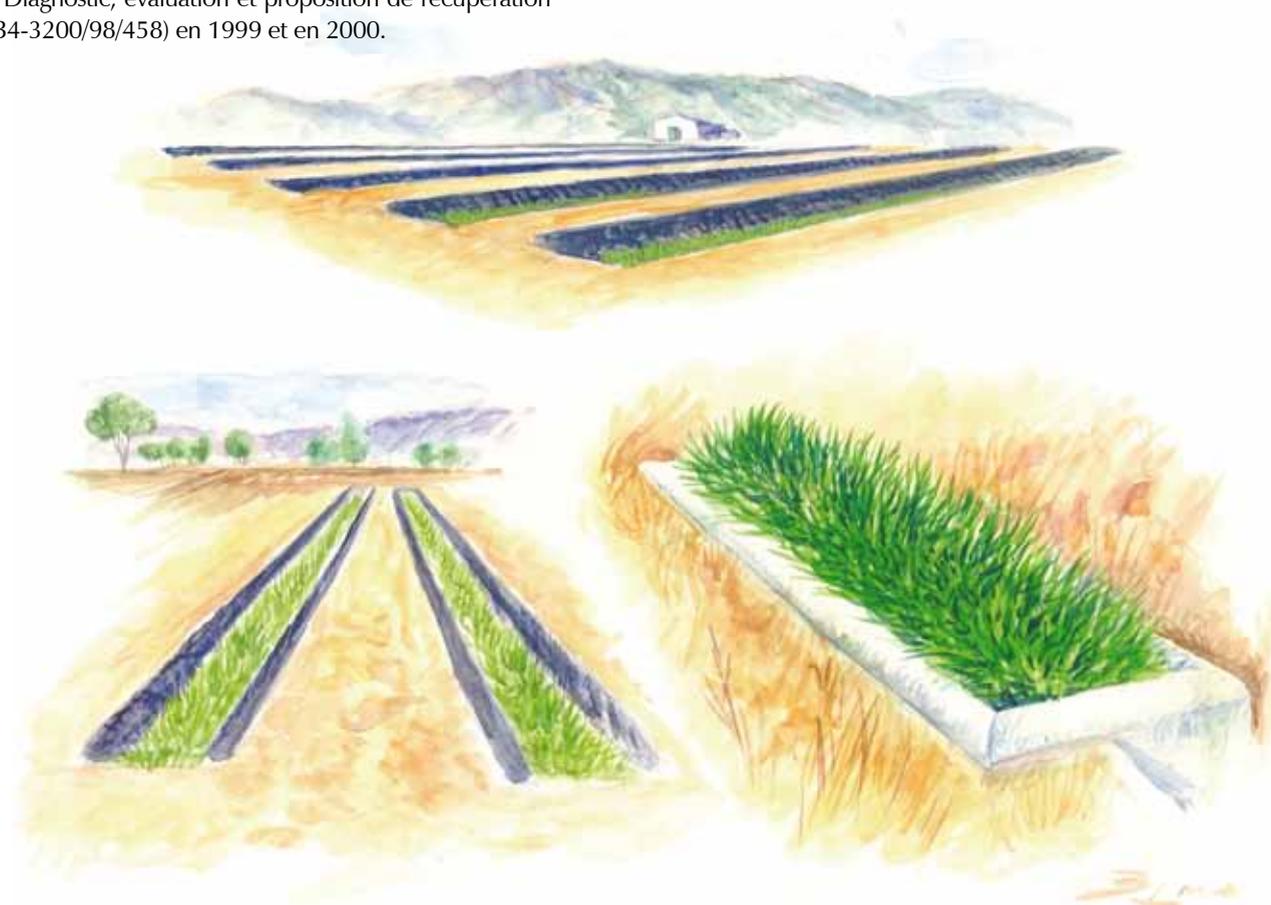
L’élimination de métaux lourds dans des zones humides est le résultat de différents processus biogéochimiques qui incluent des processus aérobiques et anaérobiques dans la colonne d’eau, à la surface de plantes vivantes et en décomposition et dans le substrat (A. Sobolewski 1999). En outre, cette élimination est principalement due à des processus microbiologiques (V.I. Groudeva, S.N. Groudev, A.S. Doycheva 2000).

Biomanipulation

Il s’agit d’une technique de restauration basée sur la manipulation de la chaîne trophique. La biomanipulation consiste en l’utilisation de communautés clés (généralement des poissons ou des cyprinidés) et/ou de leurs habitats pour augmenter l’activité des organismes filtrants, principalement du zooplancton, par exemple *Daphnia* sp., et parvenir ainsi à réduire la quantité de phytoplancton (Shapiro et al. 1975). La plus grande survie du zooplancton de grande taille peut conduire à une augmentation de la pression d’herbivorie sur le phytoplancton (algues microscopiques qui provoquent la turbidité de l’eau). La réduction de la biomasse d’algues augmente la transparence de l’eau et favorise la croissance de macrophytes (Meijer et al. 1999). Cet ensemble de mesures se base sur le principe écologique de la maîtrise par la consommation dans la chaîne trophique. La biomanipulation a été réalisée dans les lacs du nord de l’Europe, (Romo et al. 1996, Meijer et al. 1999) mais son applicabilité au bassin méditerranéen n’a pas encore été démontrée. Une expérience de biomanipulation a été réalisée dans l’étang littoral d’Adra, dans le cadre du projet « Maîtrise de l’eutrophisation dans les étangs littoraux d’Adra. Diagnostic, évaluation et proposition de récupération » (UE - LIFE B4-3200/98/458) en 1999 et en 2000.



Tâches d’ensemencement pour la construction de la zone d’amortissement à Nestos. Projet LIFE « Lacs vivants »





Delta de l'Ebre

Delta de l'Ebre et étangs littoraux d'Adra : expériences de biomanipulation

L'eutrophisation de la lagune côtière de l'Encanyssada (Delta de l'Ebre) est liée aux pesticides et aux engrais inorganiques provenant des cultures de riz. Pour obtenir la régénération de la lagune, on a limité l'entrée d'eau provenant des rizières grâce à des vannes qui s'ouvraient uniquement quand la qualité de l'eau était suffisante, tout en permettant un petit apport en eau douce de l'Ebre. L'amélioration de la qualité de l'eau a bénéficié à la croissance de *Potamogeton pectinatus* et de *Rupia cirrhosa*. Le succès du projet se manifeste par la couverture de macrophytes à presque 100%.

En parallèle, la lagune du Clot, de plus petite taille, a été asséchée, permettant l'aération du sédiment pendant un an, pour être postérieurement inondée avec de l'eau provenant de l'Ebre. Cette expérience a permis de récupérer la végétation immergée qui servait de nourriture à des oiseaux aquatiques et à des poissons, et a également démontré une relation directe entre des apports en azote sous forme d'ammonium et la prolifération de macroalgues. Projet LIFE : « Amélioration de la gestion de la ZICO du delta de l'Ebre » (LIFE96 NAT/E/003133). »

Dans les étangs littoraux d'Adra, enclave touchée par des processus d'eutrophisation, on a appliqué des techniques de biomanipulation pour examiner l'effet qu'aurait la diminution d'apports en nutriments, en plus de la prédation du zooplancton sur le phytoplancton, sur l'eutrophisation du système. Des essais réalisés par Cruz-Pizarro et al. (2002), on déduit que les résultats de l'application de biomanipulation dans la lagune Honda en particulier, et dans les étangs littoraux d'Adra en général, seraient plus satisfaisants si la communauté zooplanctonique était représentée dans sa majorité par des espèces filtrantes de grande taille, telles que des cladocères. D'après Pizarro et al. (2002) bien que cette « écotechnologie » se trouve encore en phase expérimentale, elle est recommandée de façon environnementale puisqu'elle ne demande pas de traitements chimiques ni de technologies mécaniques agressives. Projet LIFE : « Conservation des étangs littoraux d'Adra », (LIFE98 NAT/E/5323).

Filtres verts

Cette technique se base sur les processus d'épuration naturelle qu'exercent les plantes aquatiques. Ces processus consistent en des cultures d'une ou de plusieurs espèces de macrophytes (plantes supérieures) disposées dans des lagunes, réservoirs ou canaux peu profonds. Les plantes dégradent, absorbent et assimilent les polluants tout en fournissant une large surface où la croissance bactérienne est possible et où des éléments solides en suspension sont filtrés. La capacité d'épuration est telle qu'ils sont employés comme traitements tertiaires d'eaux provenant de stations d'épuration.

Dans le projet LIFE : « Macrophytes », une nouvelle méthode d'épuration grâce aux zones humides artificielles a été réalisée, capable d'éliminer les éléments eutrophisants, en particulier le phosphore et l'azote, ainsi que des métaux lourds et des phénols. Ce système emploie des macrophytes émergents (*Typha*, *Scirpus*, *Iris*, *Sparganium*, etc.) qui sont artificiellement transformés en macrophytes flottants. On obtient ainsi la pousse de racines et de rhizomes jusqu'à occuper tout le volume disponible, augmentant la filtration de l'eau grâce à la structure formée et la dégradation de la matière organique par les micro-organismes qu'elle contient. On a créé sept prototypes de filtres de macrophytes en flottation dans le but de réduire la pollution des eaux souterraines et de surface dérivée des filtrations et des déversements d'eaux usées des populations de la commune de Lorca (Murcie). Les filtres prévus, adaptés aux conditions des effluents : purines d'élevage ou des déchets urbains, ont été construits et sont en fonctionnement. Programme LIFE-Environnement : « Nouveaux Filtres Verts avec Macrophytes en flottation pour la Région Méditerranéenne » (LIFE02 ENV/E/000182).

Les projets dans lesquels un filtre vert a été installé comme système pour améliorer la qualité de l'eau qui arrive dans les zones humides sont nombreux. Par exemple, la qualité des eaux de la lagune Larga était touchée par les eaux provenant de la station d'épuration de Villacañas (Tolède). Dans le canal de filtration (525 m de long et 6,5 m de large, en moyenne), on a planté des massettes (*Typha latifolia*) et d'autres espèces de type *Scirpus*, *Phragmites* et *Sparganium*, obtenant un système de filtration naturelle. Ces dernières années, de nombreuses espèces ont recolonisé la lagune ou ont vu augmenter leurs populations, en partie grâce à l'amélioration de la qualité de l'eau. (Projet LIFE Zones humides de Villacañas, LIFE99NAT/E/006339). D'autres projets qui utilisent des filtres verts sont : les lagunes de Gallocanta, l'île de Buda, la lagune de Fuente de Piedra et les marais littoraux de Doñana.

Il existe différents types de filtres, en fonction du type de macrophytes employés, les systèmes de filtration par des macrophytes flottants sont particulièrement appropriés pour leur installation en zones tempérées et chaudes des côtes méditerranéennes septentrionales et méridionales, pour diverses raisons :

- Le climat et les hivers tempérés permettent de ne pas utiliser de plastiques pour protéger les plantes, et de baisser ainsi les coûts ; et d'autre part, ces filtres sont plus actifs en été, coïncidant avec le plus grand afflux de tourisme sur la côte.
- Il permet la réutilisation de l'eau en réalisant un traitement tertiaire des effluents.
- Ils peuvent être employés dans des noyaux de population petits et isolés.

Il existe différents types de systèmes d'épuration qui emploient des macrophytes :

Filtres flottants : ils emploient des espèces de macrophytes avec une capacité de flottation, comme par exemple, les lentilles d'eau (*Lemna*, *Wolffia*, *Spirodella*), les fougères (*Azolla* sp.), les jacinthes d'eau (*Eichornia crassipes*), ou les nénuphars (*Victoria regia*). Dans ces systèmes, le contact entre les racines et l'eau usée est total, présentant une grande surface pour l'absorption de grandes quantités d'azote et de phosphore. Cependant, ces espèces n'atteignent pas une grande taille et leur production de biomasse est limitée, ce qui réduit leur valeur d'épuration absolue. Leur emploi est recommandé dans des systèmes qui reçoivent des apports avec de faibles contenus en matière organique et des solides dissous.

Filtres de macrophytes émergents. Ce système emploie des plantes enracinées et tolérantes à l'inondation, comme par exemple, les roseaux palustres (*Phragmites* sp.), les joncs (*Scirpus* sp.) ou les massettes (*Typha* sp.). Ces plantes perdent leurs feuilles en hiver et repoussent au printemps à partir de rhizomes. Quelques espèces de plantes émergentes ont la capacité d'absorber d'importantes quantités de métaux lourds ou de décomposer des phénols. C'est pourquoi le système est aussi valable pour traiter des déchets industriels. En fonction de comment se produit le flux d'eau, on distingue : des systèmes de flux de surface et des systèmes de flux de sous-surface. Dans le premier, l'élimination de polluants se produit par des réactions qui ont lieu dans l'eau et dans la zone supérieure de contact puisqu'une faible quantité d'eau usée circule entre les racines, ce pourquoi son potentiel d'épuration est très restreint. Dans le système de flux de sous-surface, on utilise une couche de gravier ou de terre par où circule l'eau par gravité. En traversant l'eau, les racines augmentent énormément le rendement d'épuration. Le plus grand inconvénient est le comblement rapide du terrain, que ce soit par les propres racines ou les rhizomes ou par les solides sédimentés. Quand cela se produit, il n'est pas possible de retirer les polluants sans détruire le système.

Filtres de macrophytes flottants (FMF). Cette méthode combine les avantages des systèmes flottants et ceux des macrophytes émergents. Il s'agit de l'emploi de macrophytes de type émergent enracinés dans le terrain de façon naturelle, qui sont artificielle-

ment transformés en flottants. Poussant en flottant, ces espèces forment un tapis de végétation qui occupe toute la surface de la lagune ou du canal (dont la profondeur peut varier entre 25 et 75 cm), dans lequel les feuilles pompent l'oxygène aux racines, favorisant le processus de dégradation des polluants. En même temps, les racines et les rhizomes forment une structure dense qui occupe tout le volume de l'espace lagunaire et oblige toute l'eau traverser cet enchevêtrement de végétation, tout en servant de support aux micro-organismes qui dégradent la matière organique. Les plantes doivent être, dans la mesure du possible, autochtones de la région. Jusqu'à ce jour, nous avons employé des roseaux palustres (*Phragmites* sp.), des sparganiums (*Sparganium* sp.), des joncs (*Scirpus*, *Schoenus*), des iris d'eau (*Iris pseudocorus*) et des quenouilles ou massettes (*Typha* sp.), obtenant les meilleurs résultats (haut rendement de croissance et d'épuration) avec ces dernières. Face aux autres systèmes de filtres verts, les filtres de macrophytes flottants ont une série d'avantages, comme par exemple, l'installation facile et le faible coût. Ils requièrent peu d'énergie pour leur fonctionnement et sont plus efficaces (l'eau circulant dans la matrice des racines, la filtration est plus grande), produisent de grandes quantités de biomasse qui peut être utilisée comme compost, fourrage, pour la production d'énergie, etc. et la récolte de ce matériel végétal est facile et ne détruit pas le système.

Humedales artificiales

Se trata de humedales construidos por el hombre o creados a partir de la rehabilitación de antiguas charcas ganaderas, canteiras abandonadas, etc. Además de aportar los mismos beneficios que un humedal natural y actuar como reservas de biodiversidad, son empleados con fines didácticos, recreativos y educativos. En el Paraje Natural Marismas del Odiel, entre las actuaciones realizadas para recuperar la zona de antiguas salinas de las Marismas del Astur, se incluyó la creación de una laguna de agua dulce. De este modo, se lograba reducir los vertidos de la depuradora de Punta Umbría y regular la entrada directa de agua a la marisma. La construcción de este humedal artificial, se logró mediante la elevación de un murete perimetral existente y la colocación de compuertas. Posteriormente, se procedió a la revegetación de la franja adyacente a la vegetación mediterránea. (Proyecto LIFE-Naturaleza "Conservación y restauración de humedales andaluces", LIFE03 NAT/E/000055).

Travaux pour la création d'une zone humide artificielle à Tordena. Projet LIFE « Tordena Aquifère »



Zone humide artificielle préparée dans l'ancienne carrière pour l'extraction d'agrégats.



Tordera : filtre vert et zone humide artificielle

Le projet d'aquifère Tordera, « Gestion durable, à échelle locale, de l'aquifère alluvial de la rivière Tordera, par la réutilisation des eaux usées », a obtenu la création d'un cycle fermé d'utilisation et de gestion de l'eau, par l'implantation d'un processus qui utilise des énergies renouvelables et des systèmes souples demandant peu d'entretien. Parmi les objectifs développés, on y trouve :

- La construction d'un épurateur vert qui complète l'épuration de l'eau urbaine de Tordera.
- La canalisation de l'eau épurée en amont jusqu'à une zone humide qui permet l'alimentation de l'aquifère.
- La récréation et conception de cette zone humide pour qu'elle agisse comme zone d'alimentation de l'aquifère et comme zone de loisirs respectueux et d'éducation environnementale pour la population de Tordera et ses visiteurs.

La population de Tordera recueille l'eau pour la consommation domestique dans des puits situés en amont du centre-ville. Pour améliorer la gestion du cycle de l'eau, un cycle fermé d'utilisation et de gestion de l'eau a été conçu, grâce à la construction d'un filtre vert et d'une zone humide artificielle, utilisés dans le processus d'énergies renouvelables et des systèmes souples demandant peu d'entretien.

L'eau provenant de la STEP se détourne par gravité jusqu'à un système de bassins de décantation (filtre vert) où elle passe par une seconde épuration par lagunage. La végétation hélophytique, les macrophytes et les micro-organismes collés à ces végétaux absorbent les nutriments, réduisant considérablement le niveau d'eutrophisation de l'eau. Cet « épurateur vert » fait 6 hectares et se situe juste à côté de la STEP existante et sur la rive droite de la rivière.

Après cette seconde épuration, l'eau est transportée à 3 km en amont, à travers des tuyauteries enterrées dont le tracé suit un chemin de services qui longe le lit de la rivière, grâce à trois pompes alimentées par énergie solaire. Entre la STEP et l'épurateur vert, 200 m² de panneaux solaires ont été installés, fournissant toute l'énergie nécessaire.

Enfin, l'eau arrive à une île fluviale où une zone humide de réception de l'eau épurée a été recréée, de presque 1,5 hectares, qui facilite l'infiltration et l'alimentation de l'aquifère. Cette zone humide est située tout près du centre-ville de Tordera et est aussi conçue pour être transformée en un nouvel espace pour le loisir rationnel et respectueux et pour l'éducation environnementale des habitants, scolaires et visiteurs en général.

Projet Life-Environnement 00/ENV/E/00539 « Gestion durable, à échelle locale, de l'aquifère alluvial de la rivière Tordera, par la réutilisation des eaux usées ».

Depuradora verde del proyecto LIFE "Acuífero de Tordera"



4.1.4.2.3 Géomorphologie et sols

Les sédiments (et le sol) constituent la mémoire du système, d'un point de vue géotique et biotique, et influencent la dynamique de la zone humide (Zalidis et al 2002). Avant de débuter toute action, des études appuyées par des recherches paléolimnologiques préalables et actuelles de la zone doivent être effectuées.

Nous devons prendre en considération la préparation du terrain, comme la première des actions à réaliser pour pouvoir effectuer de manière satisfaisante les autres actions prévues, visant à enrayer les causes de la dégradation de la zone humide. Parmi les actions de préparation du terrain se trouvent : le retrait des débris ou déchets (manuellement ou en utilisant des machines spécialisées), la pose de clôtures autour de la zone (pour protéger le sol de visites non contrôlées ou du bétail), le dessèchement artificiel (des petites cuvettes sont utilisées, lorsque l'eutrophisation de la colonne d'eau a provoqué une anoxie des sédiments, afin de réoxygéner les sédiments)...

Nous pouvons distinguer les situations suivantes liées aux actions sur le terrain.

Processus érosifs

La culture inappropriée peut conduire à l'érosion. Dans la région méditerranéenne, une des principales causes de la perte de sol, et par conséquent de la désertification, est la culture traditionnelle, effectuée généralement en pente, qui déstructure le terrain agricole et favorise la perte de matière organique. L'excès de charge de bétail peut éroder le sol et provoquer, par la suite, une détérioration des pâturages. Les faibles charges de bétail dans certaines régions, en revanche, sont une cause d'épaississement des pâturages et de prolifération d'incendies de forêt. L'utilisation inappropriée de déjections liquides, surtout purines, peut endommager les sols et l'atmosphère.

Parmi les mesures recommandées pour prévenir les impacts négatifs dérivés de l'agriculture se trouvent : les pratiques agraires biologiques, l'utilisation de l'irrigation et du drainage adéquates, l'extensification agraire, les cultures alternatives, l'amélioration de la jachère traditionnelle, la mise en œuvre de nouveaux systèmes de travail du sol moins agressifs envers l'environnement, etc.

Dans le cadre des programmes agro-environnementaux ont été mises en place diverses pratiques de cultures (extensification, rotation, rationalisation dans l'utilisation des engrais, etc.) dans l'idée d'obtenir une agriculture plus respectueuse de l'environnement. Dans cette lignée se distingue le projet Life « Gestion intégrée de l'agriculture dans l'environnement des zones humides d'importance communautaire », projet Zones humides durables, dont l'objectif général est la recherche de formules qui permettent une plus grande compatibilité entre agriculture et environnement. Au cours des deux années durant lesquelles il s'est déroulé jusqu'à présent, ont été réalisées de multiples actions visant à l'information et la participation active des agriculteurs et des principales administrations présentes dans la zone d'exécution du projet, obtenant un grand soutien de la part des entités publiques et privées liées à l'agriculture et l'environnement et le désir de toutes les administrations locales de participer au projet. Actuellement, l'exécution du projet se poursuit. Les actions suivantes sont en cours : mise en place de parcelles de démonstration, formation et diffusion des techniques optimales de gestion du sol et de production durable, conseils pour la mise en œuvre de ces techniques et le suivi agronomique et environnemental.



Travaux de mise en place de la nouvelle clôture.



État du canal « La Acequia Real » dans une bonne partie de son parcours avant sa restauration. (Projet Life « Conservation des étangs littoraux d'Adra »).

Projet de LIFE Zones humides durables

Ce projet vise le développement d'une agriculture durable et compatible avec la conservation environnementale des zones humides, tout en contribuant à éviter la dégradation des sols agricoles et en améliorant l'avenir de leur activité et le bien-être de la société. Le domaine d'action se trouve dans l'environnement des zones humides endoréiques suivantes, dans la province de Séville : complexe endoréique de Lebrija - Las Cabezas, complexe endoréique d'Utrera, complexe endoréique d'Osuna - Lantejuela et lagune de Gosque (Martín de la Jara). Ces zones humides ont été déclarées Sites d'Importance Communautaire et leur incorporation au réseau des espaces naturels protégés de l'Union européenne, le réseau Natura 2000, a été proposée.

Ses objectifs spécifiques sont les suivants :

- Réduire les pertes de sol dues à l'érosion par rapport aux techniques conventionnelles de gestion des sols agricoles.
- Réduire le colmatage de zones humides par des sédiments.
- Augmenter la productivité primaire et secondaire des zones humides en conséquence de l'augmentation de la transparence des eaux.
- Sensibiliser les agriculteurs de la zone du projet sur les techniques d'agriculture durable et sur le réseau Natura 2000.
- Informer toutes les organisations sectorielles sur le champ d'action du projet :
 - Récupération non quantifiée des niveaux des nappes phréatiques.
 - Recherche sur la possibilité d'application d'une agriculture écologique.

« Gestion intégrée de l'agriculture dans l'environnement des zones humides d'importance communautaire (LIFE04 ENV/E/000269) »

Mesures agro-environnementales à Villacañas

Villacañas appartient au SIC appelé « Zones humides de la Manche » qui abrite au moins 28 lagunes importantes. À travers du programme LIFE, l'UE a cofinancé le projet de la Fondation Global Nature pour la restauration des zones humides de Villacañas, un groupe de trois lagunes saisonnières affectées par : l'érosion de terrains agricoles avec l'accumulation de sédiments dans les cuvettes lagunaires, l'utilisation d'engrais et de pesticides, la surcharge de bétail et la destruction de flore et d'habitats de faune.

L'un des principaux objectifs du projet était la mise en œuvre de mesures agro-environnementales pour obtenir la restauration du complexe lagunaire. Pour cela, un programme de zone a été mis au point, basé sur le Programme agro-environnemental espagnol (Décret Royal 4/2001, du 12 janvier), pour mettre en œuvre les mesures les plus efficaces applicables dans l'environnement de Villacañas, et qui pourraient être appliquées à d'autres zones similaires. Celles-ci consiste en : l'amélioration de la jachère traditionnelle, l'extensification agraire, la mise en jachère de terres, la lutte contre l'érosion dans des cultures ligneuses et herbacées et la gestion intégrée de la production de l'élevage. L'Administration régionale a décidé de proposer la mise en jachère de terres comme seule mesure pour restaurer les habitats de zones humides.

Le projet a permis, par l'élaboration d'un programme agro-environnemental pris en charge par l'Assemblée de Castille-La Manche, d'améliorer la protection de vastes zones de flore menacée et d'habitats importants pour la faune, en grande partie des zones humides de La Manche.

Journées sur l'agriculture dans l'environnement des zones humides du réseau Natura 2000 (Projet LIFE Zones humides durables : « Gestion intégrée de l'agriculture dans l'environnement des zones humides d'importance communautaire »)



Pour éviter l'érosion, sont utilisées des structures qui agissent comme barrière, fabriquées avec des matériaux naturels, tels que : la paille de blé (plus longue et stable que la paille/foin) ; les matériaux ajoutés pour protéger la surface du sol (exemple : morceaux de bois ou bottes de foin) ; les couvertures en fibre ; la végétation ; les clôtures en plastique pour sédiments avec des bottes de foin (avec le temps elles sont éliminées, mais elles remplissent leur fonction de protection contre l'érosion).

Le projet LIFE : Marais littoraux (marais littoraux - protection et réhabilitation à l'aide de techniques de bio-ingénierie, LIFE99 NAT/IT/006246) est un exemple d'utilisation de matériaux naturels pour renforcer des marges, ou donner de la consistance au sol, et ainsi lutter contre l'érosion. Les matériaux utilisés sont décrits ci-dessous.

Rouleaux en fibre : leur fonction est d'agir comme une barrière de protection et de donner de la consistance aux marges dégradées du marais littoral. Ces rouleaux sont en fibre de coco, de 40 cm de diamètre et 2 m de longueur, protégés par des filets en polypropylène dégradables. Ils peuvent également être remplis avec des tiges de joncs, de petites pierres et du sable. Des plantes, qui aident à repeupler rapidement la végétation de l'écosystème, sont insérées sur ces dernières.

Dans le cas des marais littoraux de la lagune de Venise, ont été insérées des plantes de *Spartina maritima* et de *Puccinellia maritima* cultivées en serre, sur la surface des rouleaux, aux côtés de petits tapis en fibre de coco, sur laquelle elles avaient poussé. Le résultat a été que ces plantes ont peuplé les marges dégradées du marais littoral, débutant ainsi la succession végétale et la restauration du biotope.

Rouleaux brise-lames : ils sont remplis de petites pierres ou de sédiments et ont une forme semblable aux précédents. Ils sont situés à quelques mètres devant les bords du marais littoral pour absorber l'énergie des vagues. Quand ils cessent d'être nécessaires, ils sont retirés.

Tapis en fibre végétale : ce sont des tapis réalisés avec de la fibre de coco, dont les dimensions sont : 1 m de largeur et 4 m de longueur et 10 cm d'épaisseur. Les plantes halophytes sont semées dans ces tapis et cultivées dans une serre jusqu'à ce qu'elles soient replantées dans la zone où l'on souhaite repeupler. L'emplacement idéal est derrière les rouleaux en fibre et les brise-lames, dans des zones boueuses érodées.

Tapis de semences : ils diffèrent des précédents par leur épaisseur du fait de mesurer 2 cm et d'être couverts par des graines halophytes.

Lits de plantes : ils se composent de petites pièces en fibre de coco, de 4 cm de diamètre et 10 cm de hauteur, et sont utilisés pour des monocultures d'halophytes.

Structures de sédimentation : ces structures sont formées de petits rouleaux avec des piquets cloués, d'un diamètre de 30 cm et d'une longueur de 3 m. Ils agissent comme un bouclier contre la digue et créent un espace de calme, où la sédimentation est facilitée. Ils sont utilisés principalement dans des sols de boue, dans la zone supérieure du marais littoral peu profonde, plutôt que sur les bords des canaux d'entrée où l'érosion est plus importante. Ce système a été utilisé pendant des siècles dans la mer des Wadden comme moyen de défense côtière contre l'érosion.



Algues artificielles : il s'agit de structures en plastique ancrées dans le fond, équipées d'un faisceau de rubans flottants imitant les plantes aquatiques, permettant la sédimentation des particules en suspension. Elles sont employées dans des eaux calmes, dans la zone arrière des marais littoraux pour renforcer le dépôt des particules. Elles sont faciles à enlever et peuvent être utilisées dans d'autres zones. Dans la mesure du possible, l'emplacement des matériaux est effectué manuellement, afin de réduire les impacts que peuvent entraîner l'utilisation de machines.



Végétation

Dans de nombreuses communautés de plantes l'importance de la banque de graines dans la régénération et le maintien de la végétation a été reconnue (Fenner 1985, Leck 1989, Thompson 1992) et plus précisément dans des milieux lacustres (Keddy et Reznicek 1982, Nilsson et Grelsson 1990), des marais d'eau douce semi-permanentes (Poiani et Johnson 1989) ; des écosystèmes d'eau douce, où le substrat est exposé pendant un certain temps naturellement, ou produit par des activités humaines comme les pratiques de gestion (Van der Valk et Davis 1978, 1979, Smith et Kadlec 1983). D'où l'importance de connaître les liens entre les graines stockées dans le sol, la végétation et l'environnement pour prévoir les changements qui s'opèrent dans la végétation (Baldwin et al. 1996) et par conséquent dans la végétation potentielle des zones humides (Poiani et Johnson 1989).

Avant le début des travaux pour récupérer la zone dénommée « Los Juncares » (un terrain faisant partie des zones humides de l'environnement de la lagune de Fuente de Piedra qui était fréquemment inondé et qui avait été colmaté en raison de travaux agricoles traditionnels), les premiers centimètres de terre ont été collectés pour préserver la banque de graines et l'étendre en surface une fois le travail d'adéquation des terres terminé. Pour récupérer la morphologie d'origine du terrain et réduire la cote de la zone, un important mouvement de terrain a été réalisé, augmentant ainsi la surface susceptible d'être inondée sur environ 1,5 ha. Une partie de ces terrains a été utilisée pour la formation d'un petit mur sur le côté du chemin qui permet d'accéder au centre d'accueil des visiteurs, permettant de protéger leurs marges de l'eau. Une vanne permet l'écoulement de l'eau de l'autre côté de l'entrée. (Projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055).

Sur des sites fortement dégradés, la réintroduction d'espèces indigènes est une méthode de restauration qui permet de générer une couverture végétale favorisant l'établissement d'espèces tardives qui exigent des conditions micro-environnementales spécifiques. Pour cela, l'adéquation du terrain est nécessaire avant la semence ou la plantation d'espèces végétales. Aménager des marges, abaisser des talus, former des terrasses, etc. sont quelques-unes des tâches accomplies préalablement à la recolonisation à l'aide de la végétation propre à l'habitat, entreprises dans le projet LIFE ReCoGeSAL, pour restaurer des zones humides.

La concentration des composants organiques et inorganiques du sol constitue un autre facteur à prendre en considération, par exemple, les sols méditerranéens contiennent généralement un faible niveau de matière organique. Si les sols sont dégradés ou s'ils manquent de nutriments, de matière organique ou de tout autre composant, des sols d'autres zones humides ayant été détruits peuvent être utilisés afin de fournir des éléments naturels. Nous pouvons aussi utiliser des matériaux créés, comme c'est le cas des rouleaux en fibres, sur lesquels la végétation est plantée, ou les tapis de semences.



Machine retirant des sédiments de la lagune de Juncares, Fuente de Piedra



Élimination d'eucalyptus dans le lac Tonga, Algérie



La lagune de la Ballestera

Restauration des prés salés à la Pardina

Les prés salés se caractérisent par des sols humides, occasionnellement inondés et un peu salins, qui occupent en général l'espace situé entre la rive des lagunes salées et les sols comprenant de l'eau douce. La Pardina est un endroit situé sur la rive ouest de la lagune de Gallocanta. La culture intense dans cette zone favorise la perte de matière organique dans le sol et son érosion. Pour la récupération des prés salés, une série d'essais à l'aide de différents traitements de sols ont été effectués, répartis par bandes. Dans les environs de la zone d'essai, de la matière organique issue de la restauration de la zone sud de la Reguera a été apportée. Elle a été mélangée à la partie supérieure du sol à l'aide d'une pelle et d'un cultivateur. Les premiers résultats ont montré une importante efficacité de la recolonisation spontanée de *Puccinellia* avec un traitement de faible intensité (nivellement et décompactage du terrain) par rapport à des intensités plus élevées (augmentation de matériaux fins et de matière organique). Le traitement général de décompactage et de nivellement du terrain a également amélioré la colonisation végétale de la terre.

Projet LIFE ReCoGeSAL « Restauration, conservation et gestion de la lagune de Gallocanta »

Steppe saline méditerranéenne restaurée dans la lagune de Fuente de Piedra



Aménagement du terrain

Les tâches liées au nivellement du terrain requièrent dans la plupart des cas l'utilisation de machines lourdes : cultivateur pour casser et désagréger des billons, rouleau pour compacter et niveler la surface du sol, etc. Cela implique dans certains cas le besoin d'adapter des chemins pour l'entrée des machines. Contrôler l'entrée de bétail ou de visiteurs nécessite également l'aménagement de sentiers et de voies spéciales pour éviter d'endommager la structure du sol et la végétation.

S'il est nécessaire d'élever le terrain, nous tirerons profit autant que possible de la sédimentation naturelle. Si cette mesure ne suffit pas à augmenter l'élévation du terrain, des matériaux de dragage peuvent être utilisés. Par exemple, la création d'une île sablonneuse dans la lagune « Calaix de Mar » (Delta de l'Ebre), a permis l'adéquation des habitats pour les oiseaux laro-limicoles (échasse blanche, avocette, gravelot à collier interrompu, sterne pierregarin, sterne naine). Une pelle mécanique a été introduite sur une île préexistante et facile d'accès, à l'aide de laquelle a été généré un canal annulaire quelques mètres derrière son périmètre. À l'aide de la terre extraite on a procédé à couvrir tout l'espace central, obtenant ainsi une surface de sable élevée, entourée par un profond canal inondé et d'une bordure émergée et dotée de végétation extérieure. (Projet LIFE : projet de restauration et gestion intégrée de l'île de Buda).

Contôle de la sédimentation

L'apport de sédiments s'inscrit dans la dynamique naturelle des zones humides, bien que dans certains cas il puisse augmenter en raison des altérations amenées dans le milieu. Les conséquences de la sédimentation impliquent une augmentation de la profondeur du sédiment et de son contenu en eau, une moindre profondeur de la colonne d'eau, un enfouissement de la banque de graines et l'impossibilité pour ces dernières de pousser. La création d'une barrière de végétation sur les marges sert à attraper les sédiments tout en permettant l'entrée d'eau. L'extraction de l'excès de sédiments peut être réalisée de manière mécanique ou manuelle. Les principales difficultés liées à cette mesure consistent d'une part à déterminer le niveau qui doit être atteint en extrayant des couches de sédiments, et résident d'autre part dans l'existence d'une banque de graines. L'extraction du sol doit être accompagnée d'une étude cartographique du substrat et d'une analyse des horizons édaphiques, de la recherche de la banque de graines et, si possible, son utilisation pour restaurer la végétation.

Restauration de la petite lagune Laguneto del Pueblo

Le retrait de boues dans la petite lagune Laguneto del Pueblo, située au nord-est de la lagune de Fuente de Piedra, a permis la germination d'une banque de graines qui avaient survécu toutes ces années sous la boue. Ceci confirme l'importance d'effectuer des carottages afin d'évaluer la puissance et la possible présence de graines ou de spores. Il s'avère vital de ne pas approfondir davantage que le strictement nécessaire pour éviter d'endommager la couche qui conserve la banque de graines de végétation de la lagune, ce qui facilite grandement la récupération écologique.

Sont détaillées ci-après les actions effectuées pour obtenir la restauration de cette zone humide.

La petite lagune Laguneto del Pueblo recevait des rejets provenant d'eaux usées urbaines de la station d'épuration STEP II de



Passerelle d'accès. Projet LIFE « Conservation des habitats littoraux, dans la province de Cadix »



Création d'îles à l'intérieur du marais salant de Consulado



Nettoyage du canal du Laguneto à la Laguna



Photo aérienne de Laguneto del Pueblo



Drainage de Laguneto del Pueblo



Vanne de Laguneto del Pueblo

Fuente de Piedra. Ces rejets avaient provoqué l'accumulation d'une couche de matière organique dans la cuvette qui avait affecté l'état de conservation de cette zone humide, détériorant sensiblement la qualité des eaux retenues, empêchant la croissance de la végétation palustre dans la lagune et altérant profondément le fonctionnement naturel de cet écosystème. De plus, depuis cette petite lagune, les eaux se canalisait directement jusqu'à la lagune de Fuente de Piedra par un petit écoulement, sans possibilité de maîtriser les problèmes de pollution qui en découlaient, provoqués par des défaillances dans les systèmes d'épuration.

Le retrait des boues et l'adaptation d'une série de canaux et de vannes pour contrôler le débit d'eau dans l'environnement de la petite lagune ont permis de corriger cette situation. Pour nettoyer les boues du fond de la cuvette de la petite lagune, il a été nécessaire de la dessécher et de dévier l'eau en provenance de la STEP II de Fuente de Piedra. Pour cela, tout d'abord la végétation et les résidus ont été enlevés des canaux qui facilitaient la sortie d'eau vers la lagune de Fuente de Piedra. Une fois le canal de la petite lagune nettoyé, l'eau a coulé vers le canal du périmètre de la lagune de Fuente de Piedra jusqu'à ce que la petite lagune soit pratiquement sèche.

Pour terminer de la dessécher, un petit canal a été creusé à l'intérieur, qui a servi à recueillir l'eau qui avait été retenue et qui inondait les parties les plus profondes de la petite lagune. Une fois ce canal réalisé, les boues de la petite lagune se sont desséchées.

Avant le retrait des boues, quelques carottages ont été effectués afin de voir les profondeurs dans les différentes parties de la petite lagune et des échantillons ont été pris pour procéder à une analyse et déterminer leur composition. Les résultats ont montré qu'il s'agissait d'une couche de matière organique très concentrée, sans traces de métaux lourds ou d'autres types de polluants, produit de la sédimentation dans le bassin lagunaire des eaux déversées par la population.

Des échantillons ont également été prélevés pour évaluer la puissance et la possible présence de graines ou de spores, afin de déterminer avec exactitude la profondeur d'extraction nécessaire pour ne pas endommager la banque de graines, puisque la couche dense de matière organique concentrée ne permettait la croissance d'aucune végétation et favorisait des processus d'eutrophisation des eaux. Il faut souligner dans ce sens que du fait qu'il s'agisse d'une enclave d'eau saumâtre dans un environnement d'eaux principalement salines, cette lagune possède un potentiel énorme pour augmenter la biodiversité de la zone.

Les boues ont été retirées et accumulées à l'extérieur de la petite lagune pour être retirées de la lagune une fois totalement sèches. Une partie de ces matériaux, du fait de ne pas présenter de polluants, a servi à améliorer les sols dans la restauration de la végétation de la zone, et une autre partie a été utilisée comme engrais dans des domaines d'oliveraies de la région.

Peu de temps après le retrait des boues, les premiers résultats positifs de la restauration ont pu être observés. Ainsi, quelques jours après le début des travaux, ont germé quelques plantes de scirpe maritime (*Scirpus maritimus*) qui avaient survécu toutes ces années sous les boues sous forme de graines.

Parallèlement à ces actions, a été réalisée une expérience de simulation en laboratoire (détaillée dans la partie « La gestion à moyen et long terme »), afin de comparer les facteurs internes et externes qui pourraient avoir une influence sur la récupération de la petite lagune. Cette expérience, associée au suivi « in situ » de l'évolution écologique de la zone humide, a permis de vérifier l'existence d'une grande quantité de spores et d'œuf de résistance dans les sédiments d'origine, qui n'ont pas été retirés. Les travaux exécutés ont favorisé le développement de ces spores et œufs, rendant l'aspect et le fonctionnement écologique d'origine à cette lagune.

Outre ces activités, de nouveaux canaux de communication ont été ouverts entre la petite lagune et la lagune de Fuente de Piedra. L'un d'entre eux est relié à de petites zones formées à la suite de l'activité d'extraction qu'a subi la zone, qui sont de nos jours assez naturalisées. Enfin, il a été procédé au repeuplement du périmètre de la petite lagune Laguneto del Pueblo et des canaux restaurés des alentours, toujours en nous adaptant à la propriété publique des terrains. Dans les zones plus éloignées de la petite lagune ont été plantés des *Quercus rotundifolia* et des *Pistacea lentiscus*. Sur les accotements des canaux, des chemins, et marquant la limite de la propriété publique, ont été plantés linéairement des *Populus alba*, *Ulmus minor* et *Tamarix africana*. Quant à la répartition de ces espèces, un mélange aléatoire a été favorisé, en plaçant autour des espèces plantées un filet en plastique rigide pour éviter que s'approchent des lapins ou d'autres espèces. (Projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055).

Un exemple de restauration par le biais de l'excavation des sédiments : la lagune de Peguère (France).

La lagune était affectée par un processus de colmatage dérivé de l'érosion, qui se produisait dans le bassin en raison de l'excès de circulation. Le passage de véhicules constituait également une cause de la dégradation de la végétation. Par le biais de la régulation de la circulation ont été obtenues la récupération de la végétation et la diminution du processus d'érosion. Afin de restaurer le régime hydrologique, les mesures suivantes ont été mises en place : évaluation du régime hydrologique de la lagune, excavation du sol, vérification du rétablissement des conditions hydrologiques favorables, observation de l'apparition d'espèces désirables, introduction de graines pour restaurer la végétation au cas où la recolonisation naturelle ne se serait pas produite suite à la restauration des conditions hydrologiques.

Une couche superficielle du sédiment de la partie est de la lagune a été extraite. L'épaisseur de la couche a été déterminée en diminuant la surface du sol sous le niveau phréatique, mesurée préalablement, et en retenant une fine couche de sédiment sur le substrat rocheux. Il a été décidé d'emporter le matériau extrait près d'un point d'entrée d'un ruisseau afin de faciliter l'entrée d'eau, et sur une petite partie de la lagune pour réduire les coûts de transport des sédiments et vérifier que les objectifs de restauration hydrique avaient été atteints. Après avoir constaté qu'il n'était pas nécessaire d'extraire plus de sédiments comme banque de graines pour restaurer la végétation, puisque la colonisation s'est produite naturellement, le matériau a été déposé dans une zone voisine. Les gradients définis sont peu profonds, pour éviter l'érosion et développer un plus large éventail de conditions. La zone modifiée couvre 530 m² et le volume de sédiments éliminés est de 115 m³. (Projet LIFE-Nature « Conservation des lagunes temporaires méditerranéennes », LIFE99 NAT/F/006304).



Laguneto del Pueblo (Fuente de Piedra) suite à la restauration



Collecte des boues du fond de Laguneto del Pueblo



Couche de boue après le dessèchement de Laguneto del Pueblo



Couche de matière organique accumulée au fond de Laguneto del Pueblo



Vérification de la profondeur d'extraction afin que la banque de graines ne soit pas endommagée.



Plante de scirpe maritime (*Scirpus maritimus*) apparue après le retrait des boues



Ouverture de nouveaux canaux pour les apports de la STEP II de Fuente de Piedra



Retrait des boues de Laguneto del Pueblo

Retrait de sédiment de la lagune de Ter Vell

Afin d'améliorer la qualité de l'eau du Ter Vell il était nécessaire d'éliminer une partie des sédiments accumulés au cours des années précédentes. Le dragage a été réalisé au niveau des points où la matière organique s'était accumulée en excès dans les sédiments. En même temps, par cette action a été obtenue l'augmentation de la surface d'eau libre qui permet une plus grande présence d'oiseaux aquatiques. Au total, une surface de 2174 m² a été draguée, en tirant profit de ces secteurs où la végétation présentait un moindre intérêt et/ou moins bon état de conservation. La fragmentation excessive de la surface occupée par la laïche a été évitée, pour ne pas mettre en danger la faune associée à ces milieux palustres.

Parallèlement, au niveau des points de la lagune où le dragage n'était pas viable ou impliquait une forte altération du milieu, la couche la plus superficielle de la boue a été retirée. L'action a été réalisée par aspiration et exclusivement au niveau des points du Ter Vell qui présentaient une sédimentation plus active et qui avaient accumulé des couches atteignant 60 cm de boue au-dessus du substrat sableux d'origine. Projet LIFE « Restauration et gestion des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter » (LIFE99 NAT/E/006386).

Retrait de pollution

Il s'agit d'une méthode extrême effectuée en cas d'urgence, par exemple au cours de l'extraction de boues à Aznalcóllar. Elle a parfois été utilisée dans les cas sérieux d'épais dépôts à la surface d'un marais littoral qui provoquait une asphyxie, ou de pénétrations importantes d'hydrocarbures dans le substrat. Elle entraîne l'élimination des sédiments et, par conséquent, l'élimination de la végétation. Dans ces cas, la réhabilitation s'avère nécessaire (semence ou greffe) afin de réduire au minimum l'érosion et la perte de l'habitat. La technique a été utilisée avec succès dans des expériences à échelle relativement petite (Krebs et Tañer 1981). Cependant, toutes les options de nettoyage devraient être évaluées par rapport au « nettoyage naturel », qui est souvent la meilleure procédure.

Restauration d'un marais littoral après un épisode de pollution : Aznalcóllar

Restauration environnementale de la rivière Guadiamar

Pour le retrait des boues du lit, suite à l'accident d'Aznalcóllar, il a fallu procéder à l'élagage et au débroussaillage des rives de la rivière Guadiamar. La collecte de boue a débuté 8 jours après l'accident et s'est terminée 7 mois plus tard. Il a couvert plus de 60 km de lit et au total environ 7 millions de mètres cubes de boues et de terres polluées ont été extraits, déposés ensuite dans l'ancienne mine à ciel ouvert d'Aznalcóllar.

Les actions de restauration environnementale de la rivière Guadiamar ont été de deux types :

D'une part, on a tenté d'éviter l'érosion et la rétention d'apports solides au moyen de la création de filtres verts pour la régénération environnementale et la récupération de la couverture végétale. 77 petites barrières transversales au lit ont été réalisées à l'aide de pieux en eucalyptus dépassant de 40 cm et renfermant une extension de 1355 m.

D'autre part, il a été procédé à l'élimination de produits pollués qui pourraient demeurer dans les terrains affectés. Pour ce faire, 459.000 m² d'hydrosemence ont été effectués sur les talus du lit et 82 000 plantes au tapis arbustif et arborescent ont été plantées. De plus, au niveau des bandes de 30 m de largeur parallèles au lit qui avaient été utilisées comme voies pour le transport des boues, un traitement à la chaux (160 ha) a été appliqué et des graminées ainsi que des légumineuses (120 ha) ont été semées et 99 775 unités de peuplier blanc, frênes, saules, tamaris, lauriers roses et genêts ont été plantés. La Région a acquis 1246 hectares parmi lesquels 1162 avaient été affectés par les boues. Cet espace constitue actuellement le corridor vert de la Guadiamar.

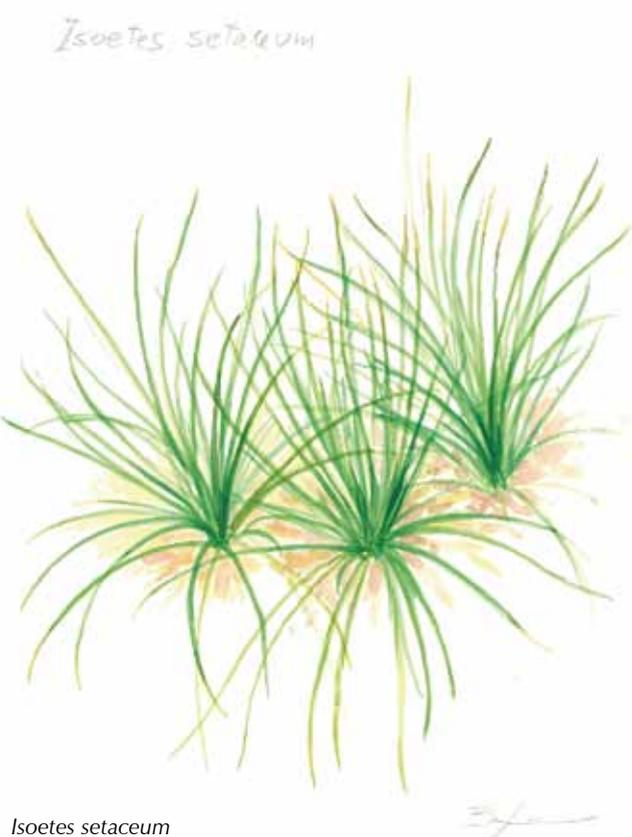


4.1.4.2.4 Faune et flore

Végétation



Arthrocnemum glaucum



Isoetes setaceum

La restauration de la végétation dans les zones humides est un domaine relativement nouveau, malgré les nombreuses techniques qui ont été développées ces dernières années pour contrôler et améliorer la végétation associée à ces écosystèmes. Beaucoup de ces techniques nécessitent une étude plus approfondie pour atteindre la plus grande efficacité et identifier les situations dans lesquelles elles doivent être appliquées. Dans certains cas, les techniques de restauration existantes s'avèrent peu appropriées. La clé est de prendre en considération les facteurs abiotiques et les besoins écologiques de la végétation, sélectionner les fonctions prioritaires que les plantes doivent développer et évaluer les interactions positives et négatives dans la zone humide.

En fonction de si la végétation fait partie du problème (prolifération d'espèces envahissantes, introduction d'espèces exotiques...) ou de la solution (régénération pour favoriser la faune associée à ces habitats, récupération d'espèces indigènes déplacées en raison d'une concurrence, utilisation de filtres verts pour améliorer la qualité de l'eau...), nous avons classé les actions à réaliser en deux groupes : de contrôle ou de régénération. Dans tous les cas, une évaluation préalable et une connaissance exhaustive de la zone est nécessaire afin d'obtenir les résultats escomptés.

Actions de régénération

La végétation est source de multiples bénéfices qui contribuent au bon fonctionnement des zones humides : elle apporte la transparence à l'eau en agissant comme une barrière physique réduisant la vitesse de l'influent et favorise la sédimentation de particules en suspension, améliore la qualité de l'eau en exerçant une épuration directe par l'absorption de polluants, aussi bien des métaux lourds que des nutriments eutrophisants (nitrates et phosphates principalement), apporte de la stabilité au substrat, oxygène le milieu, a un certain effet modérateur sur les températures extrêmes et autres phénomènes atmosphériques, car elle isole la surface de l'eau, intercepte la pluie et la neige et réduit les pertes de chaleur produites éventuellement par le vent.

Pour toutes ces raisons, obtenir le développement de la végétation dans les zones humides s'inscrit dans les actions à réaliser pour contribuer à l'objectif final de la restauration du système. Les procédures les plus courantes pour atteindre la récupération de la végétation dans des zones humides sont décrites ci-après.

Pour rétablir la végétation indigène de la zone humide, il peut être suffisant de récupérer les conditions appropriées pour que germe la banque de graines qui se trouve naturellement dans les sols (s'ils n'ont pas été extraits ou remplis). Par exemple, dans de nombreux cas, lorsque les caractéristiques hydrologiques de la zone humide ont été restaurées, la végétation apparaît naturellement.

Régénération de la végétation naturelle : lagune de l'Encanyissada

Par l'entrée d'eau dans la lagune littorale de l'Encanyissada, une régénération rapide de la végétation naturelle a été obtenue. L'inondation à l'aide d'eau douce a permis la colonisation de la végétation palustre comme par exemple des *Scirpus maritimus*, *Typha angustifolia* et des *Phragmites australis*, ainsi que la végétation submergée : *Najas minor*, *Najas marina*, *Chara vulgaris*, *Zannichellia palustris*. Le Plan de gestion de la réserve propose de maintenir certaines entrées d'eau douce et de procéder à un nouveau profilage du terrain afin d'obtenir une petite lagune littorale entourée d'une végétation héliophytique. Projet Life « Amélioration de la gestion de la ZICO du Delta de l'Ebre ». LIFE96 NAT/E/003133.

Lagune Amarga

Dans certains cas, il est nécessaire d'avoir recours à des plantations d'espèces végétales. C'est le cas de la lagune Amarga, dont la situation était particulièrement grave en raison des caractéristiques physiques du sol : les pentes élevées avaient favorisé en grande mesure le déplacement des sédiments vers le bassin de la lagune, accélérant son colmatage et son remblaiement. Pour corriger cette situation, il a été procédé au repeuplement de la zone dans le but de créer une couverture protectrice du sol contre l'érosion, par l'augmentation de sa capacité de rétention d'eau et d'infiltration et la diminution conséquente du ruissellement.

Les travaux de restauration ont commencé avec l'acquisition d'un domaine dont les versants se jettent dans la lagune Amarga. L'oliveraie d'origine existant dans la propriété a été respectée dans son intégralité, car cette masse complète le repeuplement dans sa fonction protectrice, puisque les racines de l'olivier de type superficiel et la large couverture sont très efficaces dans la fixation du sol.

Pour la préparation du terrain un travail approfondi a été effectué afin de laisser le sol suffisamment moelleux autour de la plante, car à la suite des travaux agricoles réalisés précédemment, les sols étaient très compacts en-dessous des premières couches.

Le repeuplement a été réalisé à l'aide de bosquets circulaires de 10 m de diamètre, entourés d'une maille en acier galvanisé de protection contre les rongeurs pliée à son extrémité inférieure pour empêcher l'entrée des lapins lorsqu'ils tentent de creuser autour du terrain. Le repeuplement a consisté à planter différentes espèces caractéristiques de la région comme le chêne vert (*Quercus ilex* ssp. *Ballota*), l'aubépine (*Crataegus monogyna*), l'aubépine noire (*Rhamnus lyciodes* ssp. *oleoides*), le nerprun alaterne (*Rhamnus alaternus*), le chêne kermès (*Quercus coccifera*), le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), etc. Outre ces espèces, un grand chêne a été planté dans le centre de chaque bosquet. Pour le contrôle de l'érosion, en plus de ces travaux de repeuplement, une semence d'espèces issues de prés fixant le sol a été effectuée sur toute la surface du domaine.

Enfin, une fois le repeuplement effectué, une série de travaux d'entretien a été menée pour assurer la survie de la plantation, parmi lesquels il faut souligner l'arrosage périodique (la sécheresse extrême ayant eu lieu mettait en péril une grande partie de la plantation) et le traitement de la ravine principale qui traverse le domaine par la levée des deux petites digues de maçonnerie de gabion. (Projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055.)

En plus de la technique décrite précédemment, la récupération de la végétation peut être réalisée à l'aide de graines, de jeunes plantes de semis « sans racine » ou de plantes de semis plus âgées qui sont plantées dans les sédiments dans des pots biodégradables, évitant ainsi d'endommager les racines. Les plantes plus âgées cultivées en pots sont relativement chères mais plus résistantes à l'érosion que les graines et les jeunes plantes de semis, elles sont aussi plus robustes et ont des taux plus élevés de survie. L'utilisation de plantes de pépinières permet d'éviter les dommages que causerait l'excavation directe des plantes saines de l'environnement.



Lagune de Fuente de Piedra



Marais littoraux de l'Odiel



Plantation à Fuente de Piedra



Ravine due à l'érosion dans l'environnement de la lagune Amarga



Bosquet de repeuplement dans la lagune Amarga



Protecteur individuel employé dans les travaux de restauration de la lagune de Santiago

En tout cas, le matériau d'origine de propagation doit être local dans la mesure du possible, puisqu'il existe une grande variabilité géographique dans la plupart des espèces végétales. Selon les conditions locales de nutrition, l'application de fertilisants de libération lente sur le site de la plantation peut être bénéfique. Il faut également prendre en compte le fait que les sédiments sur lesquels on va replanter soient à une hauteur indiquée par rapport à la marée, en particulier dans les zones humides affectées par la marée, comme par exemple les marais littoraux. Parfois, les processus érosifs ou de nettoyage préalables à la semence peuvent avoir abaissé la surface du marais littoral jusqu'au cas extrême où la croissance des plantes s'avère impossible. Dans ces cas, le remplissage à l'aide de sédiments adéquats est une méthode appropriée pour atteindre ce but.

Conseils pour restaurer la couverture végétale :

- Planter des espèces indigènes. Eviter l'introduction d'espèces étrangères ou envahissantes.
- Adapter le sol : contrôler l'érosion, éliminer des espèces non indigènes, ajouter ou éliminer des nutriments, en résumé, établir les conditions adéquates pour favoriser le cycle de vie des plantes.
- Densité de la plantation. Par exemple, une grille de plantation d'un mètre peut être utile pour un marais littoral protégé, mais dans les cas où le marais littoral est plus exposé à l'action des vagues ou des courants de marée, un modèle plus dense est préférable.
- La restauration doit inclure le contrôle de la performance de la plantation.
- Les matériaux naturels comme les rouleaux en fibre végétale, des tapis de semences, des lits de plantes, etc. favorisent la croissance rapide des plantes.
- Protéger la zone de plantation, d'enclos ou de clôtures pour empêcher l'entrée d'herbivores.

Comme nous l'avons déjà vu précédemment, l'utilisation de la végétation permet d'améliorer la qualité des eaux ou de renforcer les marges pour éviter l'érosion. Il est indispensable de connaître les caractéristiques des différents types de végétation associée aux zones humides afin de pouvoir tirer profit au maximum de leur utilisation dans la réalisation des objectifs fixés dans notre projet de restauration. Le tableau 11 présente les principales espèces végétales utilisées dans différents projets LIFE, ainsi que les fonctions qu'elles remplissent.

La végétation est répartie en bandes, ou zones, selon sa capacité d'adaptation à des gradients physiques ou chimiques : c'est ce qui est appelé le zonage. Dans le document technique « Habitats des zones humides de la Méditerranée » basé sur la classification CORINE, qui se trouve en annexe, il est possible de consulter la végétation associée aux types d'habitats naturels les plus importants des zones humides méditerranéennes, selon la classification des zones humides CORINE basée sur la Directive 92/43/CEE. Cette classification est acceptée par les pays méditerranéens de l'Union européenne et les pays candidats (Commission des Communautés européennes, 1991).

De manière très résumée, on peut distinguer les types de plantes suivants :

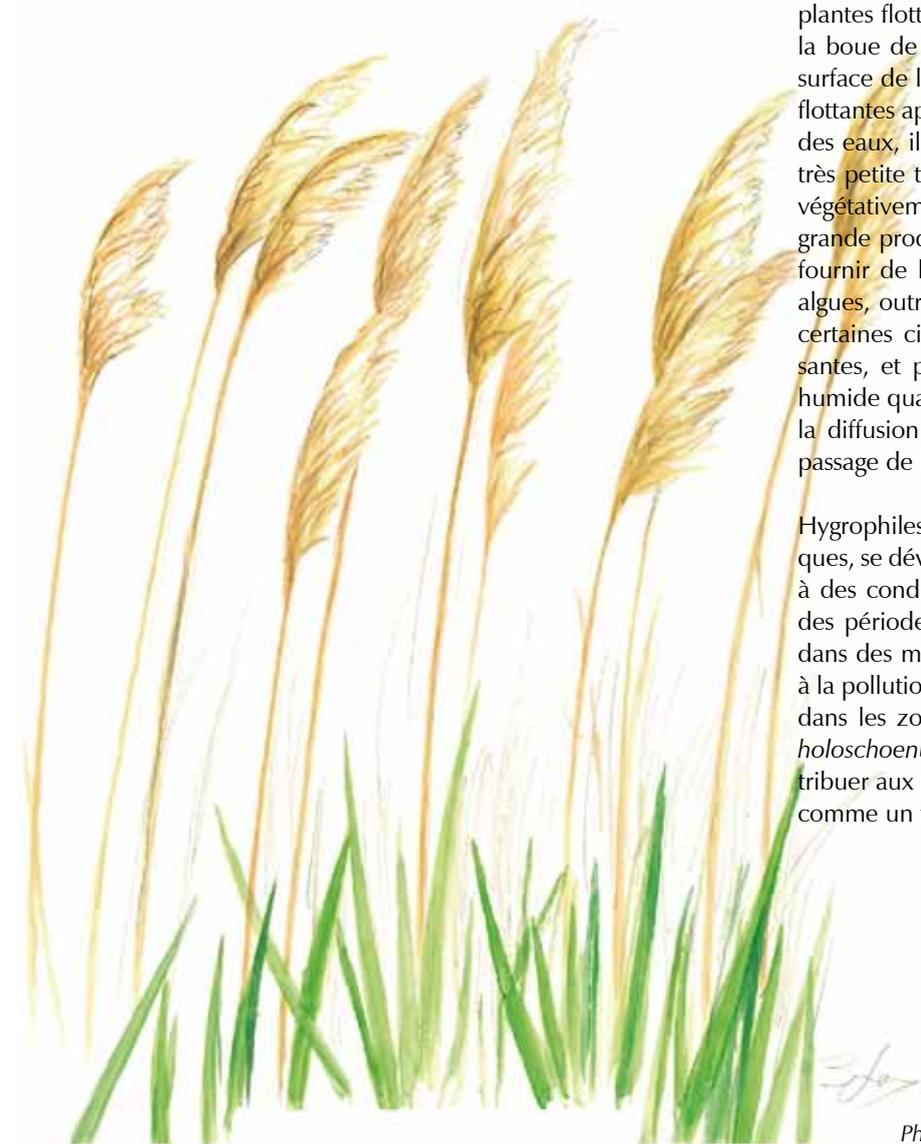
Plantes aquatiques submergées : ce sont celles qui se développent dans la colonne d'eau, maintenant tous leurs organes végétatifs en-dessous de la surface de l'eau. Elles favorisent l'oxygénation de la colonne d'eau, ce pourquoi certaines comme les *Potamogeton* spp. et les *Elodea* spp. sont employées dans les systèmes aquatiques artificiels d'épuration, afin d'oxygéner l'eau en profondeur et de fournir un support à la flore microbienne. Dans ce groupe se trouvent des espèces telles que les *Ranunculus aquatilis* (renoncule d'eau), *Potamogeton* spp., *Ceratophyllum demersum* ou *Myriophyllum verticillatum*.

Plantes amphibies (émergentes) : ce sont les plantes enracinées dans le sol submergé (boue) ou sol inondé, et dont une partie du corps végétatif se trouve au-dessus de la surface de l'eau. Elles sont employées dans les zones humides artificielles pour agir comme filtre car elles facilitent les processus de floculation et de sédimentation. Elles remplissent également d'autres fonctions : elles servent de soutien à des micro-organismes -par le développement d'une grande surface d'organes submergés-, oxygènent l'eau se trouvant dans la rhizosphère, permettent d'extraire des nutriments -entraînant la diminution de la charge polluante-, font de l'ombre sur l'eau -ce qui empêche la croissance des algues-, agissent comme une barrière coupe-vent -ce qui facilite la stabilisation de l'eau- et isolent thermiquement l'eau. Dans ce groupe se trouvent d'importantes espèces bénéfiques pour les zones humides, comme les quenouilles et massettes *Typha domingensis*, *T. angustifolia*, *T. latifolia* ; les roseaux (*Phragmites* spp.) comme le roseau commun *Phragmites australis* ; et le rubanier d'eau, *Sparganium erectum*. Les roseaux sont des plantes très résistantes, à la croissance rapide, et ne sont pas une source d'alimentation pour les oiseaux ou la vie sauvage, cependant, ce sont des plantes à la croissance agressive et qui nécessitent des techniques de gestion pour éviter leur prolifération dans des zones humides naturelles.

Carrizo (*Phragmites australis*)

Plantes flottantes : ce sont des plantes dont les organes assimilateurs flottent à la surface de l'eau. Ce groupe comprend des plantes flottantes libres, c'est-à-dire qui présentent des racines suspendues dans l'eau (par exemple, les lentilles d'eau), et des plantes flottantes enracinées, dont les racines sont ancrées dans la boue de la zone humide, mais dont les feuilles flottent à la surface de l'eau (par exemple, les nénuphars). Parmi les plantes flottantes appliquées dans les systèmes aquatiques de traitement des eaux, il faut mentionner la lentille d'eau (*Lemna minor*), de très petite taille, mais très prolifique du fait qu'elle se multiplie végétativement et la jacinthe d'eau, (*Eichhornia crassipes*), à la grande productivité. La fonction principale de ces plantes est la fournir de l'ombre pour rendre plus difficile la croissance des algues, outre le fait d'extraire des nutriments. Cependant, dans certaines circonstances, ces espèces peuvent devenir envahissantes, et porter alors atteinte au fonctionnement de la zone humide quand elles se trouvent en grandes colonies, en limitant la diffusion d'oxygène depuis l'atmosphère et en bloquant le passage de la lumière aux plantes submergées.

Hygrophiles terrestres : ce sont des plantes qui sans être aquatiques, se développent sur des sols saturés en eau, peuvent résister à des conditions d'humidité inférieure à la saturation pendant des périodes de temps non prolongées, mais ne survivent pas dans des milieux secs. Certaines de ces espèces sont tolérantes à la pollution de l'eau, c'est pourquoi elles peuvent être utilisées dans les zones humides artificielles, comme les joncs (*Scirpus holoschoenus*, *Scirpus* spp.). Leur fonction principale est de contribuer aux processus physiques de séparation de l'eau, agissant comme un filtre.



Phragmites australis

Tableau 11 : Principales espèces végétales utilisées dans la phytoépuration dans le cadre de différents projets LIFE

Projet	Espèce	Fonction	Observations
Restauration et aménagement des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter	<i>Phragmites australis</i> <i>Typha angustifolia</i> <i>Typha latifolia</i> <i>Scirpus maritimus</i> <i>Scirpus littoralis</i>	Ralentir le flux de l'eau, sédimer les particules en suspension et capter les nutriments dissous. Filtres de macrophytes émergents.	Un système de zones humides d'épuration a été construit, conçu comme un ensemble de plateformes d'inondation laminaire aux cotes progressivement descendantes couvertes de végétation héliophytique. La plupart de la colonisation végétale s'est effectuée naturellement, à l'exception d'une plantation minimale dans certaines zones pour augmenter la diversité.
Zones humides de Villacañas	<i>Typha latifolia</i> <i>Typha domingensis</i> <i>Phragmites spp.</i> <i>Scirpus spp.</i> <i>Sparganium erectum</i> <i>Sparganium emersum</i>	Filtrage et réalisation d'un traitement tertiaire des eaux en provenance de la station d'épuration de Villacañas avant leur arriv à la zone humide.	Filtres de macrophytes flottants, qui associent les avantages des systèmes flottants et ceux des macrophytes émergents. Première expérience dans la restauration de zone humide. La partie aérienne des massettes et des roseaux doit être fauchée une ou deux fois par an pour éliminer les nutriments.
Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie	Lagune de Fuente de Piedra : <i>Phragmites australis</i> Végétation halophile	Filtrage de l'eau avant son entrée dans la lagune, rétention de nutriments et phytosanitaires, sédimentation des particules les plus fines augmentant ainsi la surface des zones humides.	La plantation et la régénération de cette végétation sera effectuée dans les ruisseaux qui se jettent dans la lagune et dans deux lagunes plus petites situées à proximité, la petite lagune Laguneto del Pueblo et la lagune de Cantarranas. La plupart de la remise en végétation s'est effectuée naturellement.
	Marais littoraux de l'Odiel : <i>Phragmites australis</i>	Réduction des versements en provenance de la station d'épuration de Punta Umbria et régulation de l'entrée directe d'eau dans le marais littoral.	Création d'une lagune artificielle d'eau douce à l'entrée du marais littoral.
Restauration et gestion intégrée de l'île de Buda	<i>Phragmites australis</i> <i>Typha spp.</i>	Epuration d'eaux de drainage de rizières. Diminution de l'eutrophisation et du déplacement de substances toxiques vers les systèmes naturels.	Transformation de rizières abandonnées en filtres verts, remise en végétation naturelle. Création d'un réseau de canaux : l'eau d'irrigation est filtrée à travers la ceinture de végétation naturelle avant son entrée dans le système de lagunes littorales.
Doñana 2005. Action épuration des eaux d'El Rocío	<i>Phragmites australis</i> <i>Typha spp.</i> <i>Tamarix africana</i>	Compléter l'épuration des eaux usées d'El Rocío par un traitement tertiaire.	Construction d'un filtre vert le long du lit du ruisseau Caño de Marín. Le bois de la galerie a également été récupéré.
GILIA, hagiotope du haut moyen-âge utilisé pour identifier l'ensemble des zones humides du « Stagno di Cagliari », LIFE96	<i>Phragmites spp.</i> <i>Typha spp.</i> <i>Lemna spp.</i> <i>Scirpus spp.</i>	Phytoépuration naturelle des eaux, réduction de la quantité de phosphore et de la charge bactériologique.	Remise en végétation naturelle des macrophytes suite aux travaux de nettoyage et de retrait de sédiments.
Lacs vivants : gestion durable de zones humides et lagunes steppiques. 2000. Life.	Lac Nestos : <i>Phragmites spp.</i> <i>Typha spp.</i> <i>Lemna spp.</i> <i>Scirpus spp.</i>	Elimination d'azote et de phosphores des effluents les plus chargés des canaux de drainage.	Agissent comme des zones tampon pour diminuer l'entrée d'eau polluée.
	Lagunes de La Nava et Boada : <i>Typha spp.</i> <i>Scirpus spp.</i> <i>Phragmites spp.</i> <i>Cynara cardunculus</i>	Contrôle de la qualité des eaux d'entrée, épuration des eaux provenant des noyaux urbains. * Plantée dans la zone tampon, pour saisir de grandes quantités de nutriments	Création de filtres de macrophytes flottants. Principale plantation de différentes espèces de <i>typha</i> et plantation dans une moindre mesure de <i>scirpes</i> et de <i>phragmites</i> . L'emploi de chardons (<i>cynara cardunculus</i>) dans la zone tampon est nouveau. Ils s'adaptent parfaitement aux conditions du climat sec d'Espagne et ont une intense activité photosynthétique en hiver.
Gestion durable, à échelle locale, de l'aquifère alluvial du fleuve Tordera, par la réutilisation des eaux usées.	<i>Typha latifolia</i> <i>T. Angustifolia</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Iris pseudacorus</i>	Phytoépuration naturelle des eaux, réduction de la quantité de phosphore et de la charge bactériologique.	Remise en végétation naturelle des macrophytes suite aux travaux de nettoyage et de retrait de sédiments.
Mise en œuvre de mesures de gestion au lac Tavropos en Grèce. 1999. Life.	<i>Typha spp.</i>	Diminution de la pollution et du colmatage et amélioration de la qualité de l'eau.	Création d'une zone humide en vue de son utilisation pour l'épuration des eaux usées.

Actions de contrôle de la végétation

Parmi la végétation aquatique des zones humides méditerranéennes, se trouvent des espèces comme le roseau commun (*Phragmites australis*), les massettes (*Typha domingensis*, *T. latifolia*), les joncs (*Scirpus lacustris*, *S. litoralis*, *S. maritimus*) et laïches à utricules bifides (*Carex divisa*), qui produisent de grandes quantités de biomasse et peuvent provoquer le colmatage de la zone humide en quelques années ou entraîner des problèmes de prolifération. La mise en place des traitements de récolte est une pratique qui permet de déplacer les excédents de production végétale de la zone humide. Il s'agit d'une bonne méthode pour contrôler la végétation et également tirer profit de l'excédent pour du compostage, de la récupération des sols dégradés, du combustible, du papier, etc.

L'expansion non désirée de la végétation peut interférer dans la restauration de la biodiversité. Les mesures de contrôle doivent être choisies en fonction des caractéristiques de la zone humide. Parmi les actions qui sont utilisées pour contrôler la végétation héliophytique se trouvent :

- Le fauchage. Le fauchage, aussi bien mécanique que manuel, doit tenir compte de l'époque de l'année pour éviter les dommages sur la faune associée à l'habitat et pour que son efficacité soit maximale. Il doit généralement être effectué deux fois par an, et dans le cas d'espèces végétales produisant de grandes quantités de biomasse comme par exemple, les roseaux, joncs, laïches à utricules bifides, etc., ces dernières doivent être retirées de la zone humide, afin d'éviter qu'elles produisent une eutrophisation.
- Le feu. Il s'agit d'une technique traditionnellement utilisée pour la gestion des roselières, employée également dans des zones de végétation mixte de jonc et de roseau. Elle est généralement utilisée lorsque le fauchage est déconseillé. Elle doit être utilisée avec prudence, car les brûlages sur des surfaces sèches représentent une réduction drastique de la communauté d'invertébrés. Il existe des expériences positives de brûlages contrôlés sur des surfaces inondées ou gelées. Cependant, le brûlage de roseau en Méditerranée peut générer des problèmes graves et n'est pas recommandable en tant qu'outil de gestion de la végétation. S'ils doivent être effectués sur un substrat sec, il est recommandé d'alterner des bandes de quelques mètres non brûlées comme un réservoir de faune.
- Le pâturage. Cette technique consiste à utiliser des herbivores, aussi bien domestiques que sauvages. Il s'agit d'un outil efficace de contrôle de la végétation. Cependant, son utilisation et la charge de bétail doivent être étudiées pour chaque espèce et dans chaque localité spécifique. L'appropriation des herbivores de la part de l'organe de gestion ainsi que la disponibilité d'autres terrains pour les animaux sont considérés comme des éléments qui facilitent l'utilisation correcte de cette mesure. L'exemple de chevaux dans la lagune de La Nava et celui de buffles sur le lac Amvravikos constituent deux cas pratiques qui seront présentés par la suite en détail.
- L'utilisation de biocides. Cette méthode consiste à utiliser des traitements chimiques, comme par exemple des herbicides. Leur utilisation n'est pas conseillée, en particulier dans les espaces protégés. Les traitements chimiques doivent être réservés à des cas très particuliers (comme par exemple la



Fauchage mécanique



Chevaux dans le delta de l'Ebre

présence d'une espèce exotique envahissante) et employés avec un très grand soin, car ils peuvent gravement endommager la végétation émergente. Dans le cadre du projet LIFE « Modèle de Restauration des habitats dunaires dans l'étang littoral de Valence (Espagne) » a été réalisée une étude sur la pertinence de l'utilisation de l'herbicide glyphosate dans la récupération des plantes propres aux écosystèmes dunaires du littoral. Cet herbicide avait été utilisé pour contrôler l'espèce envahissante *Carpobrotus edulis* dans les pacages de la Devesa l'Albufera, deux ans plus tôt, faisant preuve d'une grande efficacité d'élimination. Après avoir étudié l'évolution de l'herbicide dans des sols et chez des plantes de la devèze, l'utilisation de ce traitement chimique a été déconseillée, ce pourquoi nous avons procédé à l'extraction mécanique. On trouve un autre exemple dans la baie de San Francisco : *Spartina alterniflora*, une espèce de la côte

est des États-Unis, qui est en train de remplacer l'espèce indigène *Spartina foliosa*. La *S. alterniflora* tolère un plus large éventail de conditions que la *Spartina foliosa* et a résisté à tous les efforts visant à l'éliminer (excavation, herbicides...) Aucune de ces mesures n'a réussi à arrêter sa propagation. La recherche d'alternatives est axée sur un agent de contrôle biologique qui pourrait être utilisé spécialement contre la *S. alterniflora* et la détruire. Projet « San Francisco Estuary Invasive Spartina ».

Les techniques employées pour l'élimination des espèces envahissantes seront étudiées plus attentivement dans la partie suivante, car elles concernent aussi bien la végétation que la faune. Le tableau 12a présente certaines espèces de la flore présentes dans des zones humides de la Méditerranée, qui sont soit exotiques, soit menacées.

Tableau 12a. Espèces végétales exotiques, en danger ou menacées dans les zones humides de la Méditerranée

Espèces exotiques	
<i>Azolla ficiculoides</i>	Espèce néo-tropicale introduite comme aliment en aquaculture. Elle s'est répandue très rapidement à travers de petits fleuves et étangs et constitue un antagoniste important des espèces du genre Lemna.
<i>Lythrum salicaria</i>	Introduite d'Amérique centrale et aujourd'hui répartie dans toute l'Europe.
<i>Paspalum paspalodes</i> <i>Paspalum distichum</i>	Espèces herbacées introduites de l'Amérique centrale à la Méditerranée par des semences de riz.
<i>Ludwigia grandiflora</i> <i>Ludwigia peploides</i>	Introduites d'Amérique sub-tropicale. Elles ont colonisé la France depuis le XIXe siècle.
<i>Eichornia grassipes</i>	Introduite en Europe en provenance de régions tropicales.
<i>Amorpha fruticosa</i>	Introduite de Bulgarie au nord de la Grèce (à travers le fleuve Strymon)
Espèces menacées et en danger d'extinction	
<i>Damasonium stellatum</i>	Une des espèces les plus rares et les plus menacées des marais littoraux tropicaux.
<i>Marsilea quadrifolia</i>	Présente à seulement peu d'endroits de la Méditerranée.
<i>Trapa natans</i>	Menacée.
<i>Salvinia natans</i>	Menacée.
<i>Riccia fluitans</i>	Menacée.
<i>Ricciocarpus natans</i>	Menacée.
<i>Nuphar lutea</i>	Menacée.
<i>Cladium mariscus</i>	En danger d'extinction.
<i>Cyperus papyrus</i>	Menacée.

Papastergiadou, E. et al. 2002

Gestion de la végétation par le biais de buffles à Amvrakikos, Grèce.

Le marais saumâtre de Rodia à Amvrakikos abrite la roselière la plus grande de Grèce, qui couvre une surface totale de 25 km². Dans le cadre du projet LIFE-nature « Gestion de la conservation des zones humides d'Amvrakikos », a été réalisée une expérience de pâturage à l'aide de buffles d'eau comme méthode de gestion de la végétation dans les zones humides. Cinq buffles pâturaient dans une zone clôturée couverte principalement de scirpes (*Scirpus maritimus*) et de tamaris (*Tamarix* sp.). Le piétinement a empêché la régénération de plantes jeunes, et la réduction de la couverture de tamaris (jusqu'à 70 %) a été principalement causée par le frôlement des animaux sur les arbustes. Cette technique s'est avérée très efficace pour le contrôle de plantes ligneuses, de hautes plantes herbacées héliophytes et pour le maintien, en général, de la végétation typique des prairies humides. En conséquence, une affluence rapide de poissons et de différentes espèces d'oiseaux aquatiques vers la zone a été observée. Riddell (2000) a conclu que les zones de pâturage clôturées étaient plus favorables à l'alimentation des oiseaux que celles qui n'étaient pas pâturées. À la fin du projet, l'agence de développement Amvrakikos (ADA) a poursuivi l'activité de pâturage, rassemblant un troupeau de 25 buffles. Projet LIFE-Nature : Gestion de la conservation des zones humides d'Amvrakikos (LIFE99 NAT/GR/006475)

Gestion de la végétation héliophytique par le fauchage, le pâturage contrôlé, le décapage et les brûlages contrôlés à La Nava.

La production de biomasse estimée dans la lagune de La Nava est supérieure à 10 tonnes par hectare et par an. D'un autre côté, la disparition des pratiques agricoles telles que le pâturage et le fauchage de la végétation héliophytique contribuent à l'accumulation de restes végétaux et l'expansion des prairies de cypéracées. Autour du complexe lagunaire de La Nava, les plantes palustres mortes comme les *Carex divisa*, *Juncus gerardi*, *Eleocharis palustris*, *Scirpus maritimus* ou *Thypha domingensis* occupent la lagune provoquant l'eutrophisation de ses eaux. À travers le projet LIFE pour la protection du phragmite aquatique, un plan de gestion de la végétation est élaboré dans lequel quatre mesures de gestion combinées sont utilisées.

Le fauchage manuel, le retrait mécanique et le brûlage contrôlé ont lieu une fois par an en fin d'été quand la lagune steppique est complètement sèche. Le pâturage inclut le maintien d'une petite cabane d'équidés qui comprend un troupeau de 12 chevaux issus du Parc National de Doñana. Ces chevaux sont parfaitement adaptés aux conditions particulières des zones humides et aux changements climatiques. Les chevaux vivent à l'air libre pendant toutes les époques de l'année, se nourrissant de la végétation aquatique, et sont adaptés pour vivre en semi-liberté, ce pourquoi ils ont besoin de peu d'attention. Les résultats du pâturage des chevaux sont analysés régulièrement pendant des périodes de trois ans, au même titre que le développement des zones fauchées à la main, avec des machines et brûlées.

La méthode ou la combinaison de méthodes la plus satisfaisante sera finalement adoptée à La Nava et recommandée pour des écosystèmes aux caractéristiques similaires. Projet LIFE : Conservation du phragmite aquatique dans la ZICO « La Nava-Campos » LIFE02 NAT/ E/008616.



Marais littoraux de Rodia. Parcelle destinée à la réintroduction de buffles



Emploi de buffles comme mesure de gestion de la végétation à Amvrakikos



Retrait de la végétation du canal autour de la lagune de Fuente de Piedra



Travaux de fauchage



Élimination d'arbustes dans une rigole



État de la végétation palustre de roseaux et massettes après leur fauche et récolte.



- Le retrait mécanique. Cela consiste en la suppression combinée de la végétation et des sédiments. Les essais préliminaires avec cette méthode sont excessivement chers et ont des effets très agressifs sur le milieu. Son utilisation dans le cadre d'actions ponctuelles dans des zones restreintes ayant des objectifs spécifiques n'est pas écartée, par exemple, le retrait de sédiments dans des zones humides riches en nutriments, peut éliminer la plupart des nitrates et des phosphates. Cependant, il s'agit d'une mesure drastique, puisqu'en plus de la couche de sol, toute la biomasse est retirée, y compris la plupart des graines et des spores.
- Le contrôle de l'eau. Le maintien des niveaux d'inondation appropriés tout au long des différentes périodes de l'année, ainsi que la qualité de l'eau utilisée, est essentiel à la bonne gestion de la végétation. Les inondations successives effectuées dans les lagunes de La Nava et de l'Encanyissada, après une période de dessèchement, ont permis le développement de la végétation de manière naturelle. Dans la lagune de La Nava, après la première inondation, de grandes populations de laïches à utricules bifides ont recouvert la lagune. À mesure que les inondations se succédaient, d'autres plantes aquatiques telles que les *Typha latifolia*, *T. domingensis* et *Eleocharis palustris* ont commencé à se développer. Les surfaces d'eau ouvertes ont été occupées par des *Chara vulgaris* et d'autres plantes aquatiques comme les *Ranunculus peltatus*, *Zannichelli pedunculata*, *Potamogeton pusillus*. Dans la lagune de l'Encanyissada, ont été récupérées les populations de macrophytes (*Potamogeton pectinatus*, *Najas marina* et *Ruppia maritima*), qui ont été éliminées en faveur d'une extraordinaire prolifération de phytoplancton, conséquence du processus d'eutrophisation subi par les apports en provenance des rizières contenant des pesticides, herbicides et engrais inorganiques. Par le biais du contrôle de l'eau en provenance des rizières et en fournissant de l'eau directement de l'Èbre, on a réussi à améliorer la qualité de l'eau, ce qui a favorisé la prolifération des *potamogeton pectinatus* et de *Ruppia cirrhosa*. Cette prolifération s'est poursuivie, atteignant la récupération totale de la couverture de macrophytes.

Faune

Les zones humides sont des habitats dont la valeur est déterminante pour l'alimentation et la reproduction des oiseaux migrateurs (Weller 1998), ainsi que pour des milliers d'espèces dans le monde (Grall 1999). Elles agissent comme un lien entre les différents écosystèmes adjacents, favorisant les flux migratoires et l'échange de matière et d'énergie. Toute altération des caractéristiques des zones humides a des répercussions sur la faune. De la même façon, la mise en œuvre de stratégies ou de traitements pour obtenir la récupération d'une composante particulière de la zone humide (améliorer la qualité de l'eau, restaurer le régime hydrologique, etc..) doit prendre en compte l'époque, les zones et les formes d'application, afin de provoquer le moindre impact possible sur la faune de la zone humide, et en accordant une attention particulière à la faune endémique.

Les conclusions tirées du projet « Restauration et aménagement des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter » (LIFE99 NAT/E/006386) à partir des actions réalisées, montrent que non seulement elles n'ont pas de répercussion négative sur les communautés d'oiseaux de la zone, mais qu'elles ont également tendance à les favoriser. De toutes les actions effectuées, l'élargissement et le drainage de la lagune du Ter Vell ont constitué l'action la plus significative pour l'avifaune, permettant l'augmentation de la population du canard colvert *Anas platyrhynchos*. Une plus grande diversité d'oiseaux migrateurs a également été enregistrée, probablement liée aux lagunes récemment créées de la Pletera, où niche le gravelot à collier interrompu *Charadrius alexandrinus*, en fort déclin en Europe. L'occupation satisfaisante de la part des oiseaux des nouvelles zones humides d'épuration a également été obtenue. LIFE99 NAT/E/006386

Colonie de flamants roses



Activités de recensement et de suivi de l'avifaune aquatique à Adra

Muchos proyectos de restauración tienen entre sus objetivos la recuperación del hábitat de una determinada especie animal (o vegetal), que como consecuencia del deterioro sufrido, ha desaparecido o mermado su población. La reintroducción de una especie es un caso específico de restauración donde, en general, solamente dicha especie ha desaparecido. El primer paso en estos proyectos debe ser identificar las causas que provocaron la degradación o la desaparición de esa especie, con el fin de establecer una serie de objetivos, cuyo logro conllevarán a la recuperación de la especie. La tabla 12b recoge diferentes programas LIFE relacionados con la restauración de hábitats.

Goéland d'Audouin



Tableau 12b. Programmes LIFE sur la restauration des habitats d'espèces**Conservation du goéland d'Audouin (*Larus audouinii*) en Catalogne, LIFE02 NAT/E/8612**

Le champ d'action de ce projet se centre sur le delta de l'Ebre et le delta du Llobregat. Les actions envisagées comprennent : ouverture et délimitation de zones concrètes, rénovation annuelle, surveillance de secteurs de nidification, de mue et de repos, installation d'une cage et d'appeaux pour favoriser la nidification, inondation de terrains et travail des terres, étude de la prédation du renard (*vulpes vulpes*), actions pour contrôler la population reproductrice de goéland leucopnée, qui déplace le goéland d'Audouin.

Modèle de restauration d'habitats dunaires dans l'étang littoral de Valence (Espagne), LIFE00 NAT/E/007339

Les mesures comprennent l'élimination de structures abandonnées, la restauration et la remise en végétation des chaînes dunaires et la réintroduction de deux espèces menacées de poissons : aphanus d'Espagne (*Aphanius iberus*) et samaruc (*Valencia hispanica*).

Première phase d'un programme d'action pour la conservation de deux zones humides et la création d'un réseau de réserve pour *Valencia hispanica* LIFE92 NAT/E/014400

Création d'un réseau composé de 7 réserves strictement protégées, dans ces zones où il existait et où il existe encore des populations de samaruc. Une fois le réseau établi, le processus de récupération se poursuivra par un programme d'élevage en captivité et la création d'un centre spécialisé.

II Phase d'un programme pour la conservation de zones humides de la région de Valence (Espagne) et création d'une zone de réserve pour *Valencia hispanica*, LIFE925 NAT/E/000577

La création d'un réseau de réserve sera effectuée par la protection des principales zones d'établissement de *Valencia hispanica*.

Restauration et aménagement des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter, LIFE99 NAT/E/006386

Les actions proposées : protection de la population d'aphanius d'Espagne (*Aphanius iberus*) par l'introduction de spécimens dans des lagunes permanentes récemment créées, plan d'élevage pour augmenter les populations, amélioration de l'état de conservation de la végétation de dunes (psammophile) et de marais littoral (halophile) par la réduction de l'impact de la circulation et de la fréquentation humaine, avec la création et la délimitation d'itinéraires de visite.

Récupération de l'habitat des amphibiens et reptiles aquatiques des marais de Baix Ter" LIFE04 NAT/ES/000059

Restauration de la forêt galerie et de terrains inondables. Création d'un réservoir d'eau afin de réduire le risque d'inondation et de favoriser ainsi les populations d'amphibiens. Récupérer les populations de tortues, par la réintroduction d'individus (*Emys orbicularis*) et la libération de tortues aquatiques reproduites dans le centre de reproduction.

Conservation des étangs littoraux d'Adra LIFE98 NAT/E/5323

Les mesures prises pour limiter la pollution et les invasions dans l'environnement terrestre de la zone humide (étude de viabilité de cultures alternatives au faible impact, élimination de serres, nettoyage des déchets agricoles, contrôle des rongeurs, surveillance de l'environnement, campagne de sensibilisation auprès des populations) ont contribué à la récupération des espèces et types d'habitats de l'environnement ; animaux : aphanus d'Espagne, rainette méridionale, émyde lépreuse, érismaure à tête blanche, poule sultane ; végétaux : roselières, tamaris, marisques, joncs, prairies submergées.

Conservation d'espèces prioritaires dans des zones humides méditerranéennes (*Aphanius iberus*, *Valencia hispanica*, *Botaurus stellaris*, *Larus audouinii*) LIFE96 NAT/E/003118

Les mesures visent à obtenir la restauration des zones humides, comme moyen pour protéger les espèces menacées. Elles comprennent la construction de canaux, de digues et de routes pour créer des zones d'inondation périodique et des zones de végétation de zones humides pour augmenter l'espace destiné à la nidification et au repos des oiseaux. Amélioration de la qualité de l'eau, gestion de la végétation, élevage en captivité suivi du retour au milieu naturel des espèces de poissons. Etablissement de réserves pour le refuge du goéland d'Audouin et du butor étoilé.

Conservation du phragmite aquatique dans la ZICO Nava-Campos, LIFE02 NAT/E/8616

La lagune de La Nava est un des lieux les plus importants du passage postnuptial du phragmite aquatique (*Acrocephalus paludicola*) en Europe. Les mesures prises pour éviter la destruction et la diminution de son habitat aussi bien dans les zones de passage et de séjour pendant l'hiver ont consisté en : l'élargissement de la zone humide par l'inondation de nouvelles lagunes, élargissement du liseré de végétation péri-lagunaire, application de techniques de contrôle de la végétation héliophytique, élimination de versements dans la lagune, modification du système d'usage public de la zone humide et amélioration du système de surveillance, amélioration des connaissances de la phénologie de migration d'*Acrocephalus paludicola*, abondance et autres aspects liés à l'espèce, par l'installation d'une Station d'effort constant.

Les principales causes qui entraînent une détérioration de la faune, et les techniques de restauration appliquées dans le bassin méditerranéen, sont les suivantes (Perenneou 2002) :

1. Perte de la zone humide. Si l'on parvient à récupérer les processus biophysiques essentiels de ces écosystèmes, les communautés d'organismes comprenant la faune sont un des éléments partiellement restaurés de manière spontanée.
2. Un ou plusieurs facteurs à caractère anthropogénique agissent sur la zone humide, affectant l'habitat et les espèces présentes. La première action à réaliser est d'éliminer le facteur à l'origine de la dégradation.
3. Pollution. Restaurer la qualité de l'écosystème (par exemple, la qualité de l'eau). Biomanipulation, en cas d'eutrophisation.
4. Surexploitation des espèces et/ou gènes. Parmi les mesures à adopter se trouvent : limitation de l'accès, protection plus stricte (au niveau local/national), utilisation durable des espèces capturées (restrictions).
5. Concurrence/prédation par des espèces allochtones ou des espèces indigènes envahissantes qui ont fait l'objet d'une explosion démographique, pour des questions anthropiques. La solution consiste à éradiquer ou lutter contre les espèces nuisibles ou allochtones.
6. Certaines zones indispensables pour la ponte, l'alimentation, etc. sont dégradées ou insuffisantes. Adéquation de cet habitat spécifique : construction de nids, îlots artificiels, pose de clôtures...
7. Législation insuffisante/inappropriée, faible soutien de la part des groupes locaux, ou manque de connaissances sur l'espèce menacée et ses besoins en termes d'habitat. Adapter la législation, provoquer une sensibilisation à l'environnement et appliquer une gestion orientée sur la recherche avant l'action constituent les méthodes à adopter.
8. Il existe un facteur limitant et inhérent aux espèces clés ou aux zones environnantes (par exemple, l'isolement de possibles populations d'origine), à caractère naturel ou anthropique, qui met en difficulté la propagation naturelle ou la recolonisation. Les mesures à prendre sont la réintroduction, le transfert, le renforcement/supplément.

Nous allons détailler ci-après les activités visant à favoriser la récupération et la restitution d'espèces ayant été dégradées, endommagées ou détruites de manière directe ou indirecte.

Améliorations de l'habitat

Les populations animales peuvent diminuer ou disparaître d'un habitat donné si celui-ci n'est plus adapté à leur cycle de vie. Dans ces cas, la restauration de ces éléments permet le retour de ces populations.

La création de nids, ou de structures artificielles favorisant la nidification, est une des actions les plus couramment utilisées. Par exemple, dans la lagune de Villacañas, quatre îles de nidification flottantes ont été créées, afin d'assurer la nidification des sternes hansel (*Geochelidon nilotica*). Les îlots ont des dimensions de 3x3 mètres, sont construits en bois et montés sur des flotteurs



Protection d'une île contre l'érosion à l'aide de pierres dans le Laguneto



Botaurus stellaris



Activités de mise en place de pièges à rongeurs sur les berges des lagunes d'Adra



Bénévoles construisant des nids pour les flamants roses à Fuente de Piedra



Îlots flottants à Fuente de Piedra

Colonie de pélicans à Amvrakikos



en blocs de polystyrène, dotés d'un protecteur de poussins de 15 cm. Etant donné que les sternes hansel font leurs nids sur des terrains dépourvus de végétation, les îlots sont recouverts d'un matériau argileux et ainsi adaptés à la reproduction de cette espèce. En 2001, les îles ont été progressivement occupées par les sternes, au total 26 couples sur les deux premières plates-formes, présentant un total de 30-35 poussins. Deux clôtures électriques ont également été posées pour parvenir à l'éloignement des prédateurs de nids, l'une dans la meilleure zone de nidification des flamants roses, l'autre dans la zone de nidification des sternes hansel. Chacune limite une surface d'environ 2 hectares. Projet LIFE : « Zones humides de Villacañas », (LIFE99 NAT/E/006339).

Autres projets ayant utilisé des structures similaires dans le même but :

- Gestion de la conservation des zones humides d'Amvrakikos, (LIFE99 NAT/GR/006475) : les îlots artificiels créés dans la lagune de Tsoukalio (Grèce) ont attiré des populations de pélicans, bien qu'ils aient été créés initialement afin de freiner l'érosion qui avait détruit les îles (seul refuge et lieu de reproduction du pélican frisé, *Pelecanus crispus*). La création de deux îlots et la récupération d'un autre déjà existant a permis aux pélicans de disposer de plus d'espace, favorisant le succès de la reproduction dans la zone. La population de pélicans à Amvrakikos est passée de 32 couples en 1998 à 92 en 2003.
- Parc de la Maremme : gestion des habitats palustres et des dunes, (LIFE98 NAT/IT/005117) : une zone humide a été agrandie, de 1,9 à 2,3 ha. Une plate-forme de nidification a été établie dans le centre de la lagune.
- Conservation de la lagune de Cagliari, la plus grande zone humide côtière de Sardaigne, (LIFE96 NAT/IT/003106) : dans la lagune de Cagliari (Italie), 4 îles artificielles (1912 m²) ont été construites et 26 îlots existants restaurés (2380 m²) suite à l'élimination des espèces envahissantes de la zone. Celle-ci a été fermée à l'aide de clôtures métalliques (196 m) et en bois (5218 m.) A cette occasion, les îlots ont été recouverts de coquilles afin d'imiter les nids naturels.

Dans d'autres circonstances, la récupération de la végétation permet l'attrait de certaines espèces animales. Par exemple, dans les zones humides d'Amvrakikos, l'intensification de l'agriculture et du pâturage avait engendré la diminution des populations d'arbres, privant ainsi certaines espèces de l'avifaune d'un lieu de repos et de reproduction. Le projet a mis en œuvre le reboisement d'endroits stratégiques, afin d'améliorer l'habitat des espèces suivantes : le cormoran pygmée (*Phalacrocorax pygmeus*), l'aigle pomarin (*Aquila pomarina*) et l'aigle criard (*Aquila clanga*). Pour le reboisement on a eu recours aux environs du marais littoral de Rodia, où il existe des peuplements naturels, qui bien qu'ils aient diminué au cours des dernières décennies ne se trouvent pas en régime d'exploitation intensive. Des études de reboisement ont été menées dans la zone et des petites parcelles ont été plantées (chacune d'une centaine de mètres carrés) avec des espèces indigènes comme le frêne (*Fraxinus angustifolia* F. *Oxycarpa*), le peuplier blanc (*Populus alba*) et le saule (*Salix* sp.). Ces parcelles n'entravent ni le pâturage ni le passage du bétail.

La régénération naturelle de ces plantations a fourni à l'avifaune des lieux où s'installer. (Gestion de la conservation des zones humides d'Amvrakikos (LIFE99 NAT/GR/006475). Outre l'avifaune,

d'autres animaux bénéficient des mesures employées pour améliorer l'habitat. Les projets suivants illustrent les actions mises en place pour obtenir la protection des reptiles et des amphibiens.

Dans la lagune de Pylos (Grèce), lors du déroulement du projet LIFE « Mise en œuvre d'un plan de gestion de la lagune de Pylos et du delta de l'Evrotas, espaces Natura 2000 en Grèce » (LIFE97 NAT/GR/004247), la présence du caméléon de l'espèce *Chameleo africanus*, dont l'habitat en Europe se limite à cette lagune, a été découvert. Les améliorations de l'habitat ont consisté en la restauration à l'aide de végétation autochtone et la création de couloirs destinés à protéger et à agrandir l'habitat disponible des caméléons. De petites dunes ont été construites pour abriter les nids sur certains sites qui garantissaient leur sécurité. Afin d'assurer la protection de cette espèce, les actions suivantes ont été réalisées :

Protection des femelles en gestation et des nids par la surveillance, le suivi des femelles, la collecte de nids et en recouvrant ces derniers de filets en fils de fer. Une surveillance a été maintenue pendant la période de ponte et les juvéniles ont été recueillis et transférés hors de portée des prédateurs. Le transfert des nids a été effectué exclusivement dans les cas où ils se trouvaient dans des zones très exposées au danger. Pour réduire la mortalité causée par la circulation, des limites de vitesse ont été imposées dans la zone et les visiteurs ont été informés de la présence de cette espèce. Les chats sauvages ont été attrapés et relâchés dans une région éloignée, où ils ne représentaient aucun danger pour les caméléons et les chiens ont été capturés et offerts aux habitants. Avec l'aide de bénévoles, la collecte de spécimens, le camping illégal, le brûlage des buissons, la destruction des nids, etc. ont été évités.

Au cours du même projet des mesures ont été prises pour protéger les populations de tortues caouannes (*Caretta caretta*), qui avec celle des tortues vertes (*Chelonia mydas*), se trouvent gravement menacées par la flotte de pêche dans le port de Gytheion, de nombreux spécimens étant capturés dans les filets ou retrouvés morts par les pêcheurs. Les actions ont consisté en : la surveillance, le transfert de nids, le placement de ceux-ci dans des lieux leur garantissant une meilleure protection et le suivi. Dans le delta de l'Evrotas, les résultats ont été très positifs : 10.000 personnes ont été informées sur les menaces qui affectent la *Caretta caretta*, 77 tortues ont été remises en liberté par des pêcheurs, 248 nids ont été protégés, et les efforts de sensibilisation du public ont atteint l'ensemble de la flotte de Gytheion.

Réinstallation

La réinstallation est un outil qui a été développé pour assurer la conservation et/ou la gestion de la faune sauvage dont les populations ont diminué ou disparu, en raison des actions anthropiques effectuées dans leur habitat (Parada et al. 2005). Elle consiste à un transfert, effectué par l'homme, d'animaux ou de populations d'animaux d'une localité à une autre. Des expériences de ce type ont été menées en France, en Espagne et en Italie. Ces projets doivent être réalisés de manière très contrôlée et avec beaucoup de soin afin d'assurer le succès à long terme.

La restauration d'une seule espèce de plantes et d'animaux étant de plus en plus commune, le groupe de spécialistes de la réintroduction de la Commission pour la survie des espèces de l'UICN a mis au point une série de lignes directrices, basées sur une évaluation détaillée des études de cas et sur des consultations approfondies à travers une variété de disciplines, visant à ga-

rantir que les réintroductions soient justifiables et réalisées avec les plus grandes chances de réussite (UICN 1995). Les termes suivants sont définis dans ces lignes directrices :

« **Réintroduction** » : essai d'implanter une espèce dans une zone qu'elle occupait à un moment donné de sa distribution historique, mais d'où elle a été éliminée ou d'où elle a disparu (« Rétablissement » en est un synonyme, mais cela suppose que la réintroduction ait réussi.) Dans les zones humides méditerranéennes, de nombreuses réintroductions d'espèces ont été effectuées. Principalement en Espagne, où ont été menés 9 des 14 projets LIFE de réintroduction d'espèces (Perenneou 2002).

« **Transfert** » : déplacement délibéré et provoqué d'individus sauvages vers une population existante de la même espèce. Il se produit lorsque l'habitat naturel va être détruit (par exemple en raison d'un développement urbain), quand la population ne peut pas être récupérée ou quand le risque d'extinction de l'espèce exige une augmentation en termes de densité de population. Cette méthode est utilisée lorsque la cause qui produit le déclin de l'espèce a déjà été éliminée.

« **Renforcement/Supplément** » : ajout d'individus à une population existante de la même espèce. Ce système est approprié pour maintenir les populations dont le nombre d'individus n'est pas suffisant pour assurer la survie de l'espèce. Les résultats dépendent de plusieurs facteurs, tels que : le nombre d'individus déplacés et les caractéristiques de la zone à laquelle ils sont incorporés.

« **Conservation/introductions bénignes** » : essai d'établir une espèce, afin de la conserver, en dehors de son aire de répartition connue mais au sein d'un habitat et d'une zone géographique adéquats. Il s'agit d'un outil de conservation applicable uniquement lorsqu'il ne reste aucune zone disponible parmi la répartition historique de l'espèce.

Toute action de ce type doit être basée sur des études des caractéristiques environnementales de la zone, la présence d'autres zones humides dans l'environnement et sur la connaissance des besoins naturels des espèces clés. Dans le cadre du projet LIFE-NATURA « Restauration et aménagement des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter », ont été effectuées plusieurs actions visant à améliorer la situation de l'aphanius d'Espagne (*Aphanius iberus*), espèce endémique de la péninsule ibérique, dans la région du Baix Empordà. Avant l'exécution du projet, la présence de cette espèce était limitée à une seule lagune (étang de Fra Ramon), dont l'isolement mettait en danger la conservation de l'aphanius d'Espagne dans la zone.

Les actions ont consisté à créer dans la zone de la Pletera un complexe de nouvelles lagunes ayant un régime hydrologique similaire à celui de Fra Ramon et à procéder ensuite à son repeuplement par l'introduction de spécimens issus de l'étang. L'introduction a eu lieu en novembre 2002, avant que les cuvettes ne se relient, et seulement dans la cuvette où s'était développé de façon naturelle un petit pré subaquatique de *Ruppia cirrhosa* (habitat idéal pour le développement de cette espèce).

Au total, 464 individus ont été introduits, dont 233 issus de l'élevage en captivité réalisé à partir de spécimens capturés à Fra Ramon, tandis que les autres ont été déplacés depuis cette lagune. Des recensements effectués dans les nouvelles lagunes un an

après l'introduction montrent que la nouvelle population s'est étendue du point de vue démographique depuis le repeuplement initial (novembre 2002), atteignant une population totale en hausse de 73 % par rapport au stock repeuplé moins d'un an plus tôt.

D'après le suivi réalisé sur les populations de poissons suite au repeuplement, la population introduite s'était établie avec succès et l'extraction d'individus n'avait pas affecté négativement la population d'origine. Ce succès est dû aussi bien à la conception appropriée des nouvelles lagunes qu'à la rapide apparition dans ces dernières d'une prairie de la phanérogame *Ruppia cirrhosa*, qui constitue un excellent habitat pour l'espèce.

Lutte contre les espèces envahissantes

L'introduction d'espèces exotiques est un problème qui concerne aussi bien les espèces animales que végétales. Les espèces envahissantes sont des organismes (plantes, animaux et micro-organismes) qui ont été introduites de manière intentionnelle ou accidentelle hors de leur environnement naturel. Les zones humides sont particulièrement vulnérables à l'invasion de nouvelles espèces en raison de leur position comme écotones ou interfaces entre les milieux terrestres et aquatiques, qui rend possible l'invasion par les deux milieux. Outre l'introduction d'espèces allochtones, toute action impliquant l'altération du milieu (salinisation, augmentation de nutriments, changements dans le régime

hydrologique...) peut engendrer le fait qu'une espèce indigène devienne une espèce envahissante. Par exemple, la cessation de l'activité agricole, et en particulier le pâturage du bétail, favorise la colonisation des prairies et des prés par des plantes ligneuses. Une légère augmentation de la densité de la couverture herbacée constitue une menace pour les plantes annuelles moins compétitives et pour la faune associée à ces habitats. Le tableau 13 présente ces organismes qui peuvent devenir envahissants dans les zones humides.

La colonisation des lagunes par des espèces exotiques peut provoquer le déplacement ou l'extinction d'espèces caractéristiques de cette zone. De nombreux projets LIFE comprennent des mesures d'éradication d'espèces exotiques afin d'obtenir la restauration des habitats. Entre 1992 et 2002, sur 715 projets financés par le programme LIFE Nature, 100 comportaient des actions visant à éviter la propagation d'espèces exotiques. Dans certains cas, l'environnement est récupéré naturellement une fois les espèces introduites éliminées. Dans d'autres cas, l'intervention humaine est nécessaire. Le tableau 14 présente les projets LIFE des zones humides méditerranéennes liés à la lutte contre des espèces allochtones.

Détail de *Carpobrotus edulis*, plante originaire d'Afrique du Sud, devenue envahissante dans plusieurs sites littoraux de la région de Cadix



Tableau 13. Organismes des zones humides qui peuvent devenir envahissants

Plantes inférieures
Cyanophytes : algues bleues-vertes, telles que <i>Anabaena</i> , <i>Microcystis</i> .
Chlorophytes : algues vertes ; Spirogyra et alliées, eaux « rouge sang » et orange de la série <i>Volvox</i> , <i>Chara</i> et <i>Nitella</i> .
Hépatiques (flottantes) telles que <i>Ricciocarpus</i> .
Trachéophytes
Fougères (flottantes) : <i>Salvinia</i> , <i>Azolla</i> .
Fougères (émergentes) de nombreuses espèces propres aux zones humides d'eau douce ou saumâtre.
Herbes (émergentes et enracinées dans les berges) : <i>Vossia</i> et de très nombreuses autres.
Laîches : cyperacées sous toutes leurs formes.
Typhacées : quenouilles et roseaux.
Aracées : en particulier <i>Pistia</i> .
Pontederiacées : <i>Eichhornia</i> , <i>Pontederia</i> , etc.
Limnocharitacées : <i>Hydrocleys</i> .
Hydrocharitacées : <i>Elodea</i> , <i>Lagarosiphon</i> , <i>Stratiotes</i> , etc.
Lemnacées : les différentes « lentilles d'eau »
Autres (petites) familles de plantes à fleurs des zones humides, en particulier monocotylédones et certaines dicotylédones telles que les lythracées : <i>Lythrum salicaria</i> .
Beaucoup de « grandes » familles telles que des légumineuses, ombellifères et polygonacées.
Invertébrés
Mollusques : en particulier bivalves et escargots d'eau douce (ou saumâtre), sans oublier les vecteurs de maladies.
Crustacés : écrevisses et crabes d'eau douce, crevettes échappées des élevages piscicoles.
Insectes : en particulier mouches et moustiques, sans oublier les vecteurs de maladies.
Vertébrés
Poissons : délibérément introduits dans des lacs, fleuves et lacs de retenues, espèces exotiques et indigènes de la région mais non de la masse d'eau ou de la zone humide en question : - échappés accidentellement de bassins d'aquaculture ou d'aquariums - déplacés par rapport au point d'introduction - échappés non accidentellement de magasins d'animaux domestiques, étangs, aquariums - échappés de centres d'aquaculture marine
Amphibiens : tel que le crapaud buffle
Reptiles : serpents et lézards en situation insulaire
Oiseaux : tels que les mainates et corbeaux exotiques qui déplacent les oiseaux aquatiques.
Mammifères : tels que le ragondin (<i>Myocastor coypus</i>), petit rongeur semi-aquatique en provenance d'Amérique du sud.

Howard 1999

Tableau 14. Projets LIFE des zones humides méditerranéennes liés aux espèces allochtones

Titre	Code	Espèce allochtone
Plan de conservation de l'Érismature à tête blanche dans la région de Valence (Espagne)	LIFE00 NAT/E/7311	<i>A Oxyura jamaicensis</i>
Conservation du lac Grand-lieu	LIFE94 NAT/F/0841	<i>A Myocastor coypus</i>
Programme de protection des lacs côtiers du Languedoc-Roussillon	LIFE94 NAT/F/0860	<i>A Myocastor coypus</i>
Réintroduction d' <i>Oxyura leucocephala</i> dans l'étang de Biguglia	LIFE97 NAT/F/4226	<i>A Oxyura jamaicensis</i>
Programme de restauration et de gestion de l'habitat du butor étoilé en France	LIFE00 NAT/F/7269	<i>A Myocastor coypus</i>
Restauration et gestion intégrée de l'île de Buda	LIFE96 NAT/E/3180	<i>P Eucalyptus sp., Populus hybrida, Phoenix sp. et Washingtonia sp.</i>
Programme de conservation de la zone géographique du Delta du Pô (deuxième phase)	LIFE94 NAT/IT/0538	<i>A Myocastor coypus, Silurus glanis, Carassius carassius</i>
Conservation des habitats d'eau douce de la province de Sienne	LIFE95 NAT/IT/0657	<i>P Pinus sp.</i>
Conservation de la Réserve Naturelle de la Vallée du Mincio	LIFE96 NAT/IT/3073	<i>P Nelumbo nucifera</i>
Mesures d'urgence de conservation du crapaud pélobate brun (<i>Pelobates fuscus insubricus</i>)	LIFE98 NAT/IT/5095	<i>A Rana catesbeiana, Procambarus clarkii, Myocastor coypus</i>
Biodiversité des tourbières de l'Iseo : conservation et gestion	LIFE99 NAT/IT/6212	<i>A Silurus glanis P Amorpha fruticosa, Ailanthus altissima, Phytolacca Americana, Solidago canadensis</i>
Mesures d'assainissement environnemental du lac Alserio	LIFE99 NAT/IT/6235	<i>P Populus x canadensis, Platanus hybrida</i>
Conservation et gestion du biotope « Zone humide de S.Genuario »	LIFE00 NAT/IT/7209	<i>A Myocastor coypus, Trachemys scripta, Ctenopharynodonidella P Robinia pseudoacacia, Solidago gigantean.</i>
Actions d'urgence pour sauvegarder les sites d'intérêt communautaire de la lagune d'Orbetello	LIFE00 NAT/IT/7208	<i>P Eucalyptus sp.</i>
Conservation d' <i>Austropotamius pallipes</i> dans deux sites d'intérêt communautaire de Lombardie	LIFE00 NAT/IT/7159	<i>Procambarus clarkii</i>
Restauration de l'équilibre écologique afin de préserver des habitats et des espèces d'intérêt communautaire	LIFE02 NAT/IT/8526	<i>A Myocastor coypus, Silurus glanis, Procambarus clarkii P Populus hybrida</i>
Restauration et gestion des « Estans de Sils »	LIFE98 NAT/F/5348	<i>P Phytolacca Americana, Arundo donax</i>
Restauration d'une réserve complète dans la ZICO « Riberas de Castronuño »	LIFE99 NAT/E/6343	<i>P Populus hybrida</i>

La prévention est la méthode la plus recommandée pour éviter l'introduction d'espèces envahissantes. Le suivi, en tant que mesure visant à identifier de nouvelles espèces introduites dans une région donnée, est essentiel pour garantir la prévention, grâce à un système d'alerte efficace. Par exemple, les élevages piscicoles du ouaouaron (*Rana catesbeiana*), espèce originaire d'Amérique du Nord, ont été interdits en Espagne par les autorités en raison des problèmes environnementaux que l'espèce provoquait au cas où des spécimens s'introduisaient à l'étranger. (Perennou 2002).

Si la présence des espèces introduites a été détectée à temps, l'éradication constitue la meilleure option de gestion pour parvenir à leur élimination. Agir rapidement est très important. Dans le cas des espèces exotiques, l'élimination doit être effectuée immédiatement après leur introduction, car elle est très difficile une fois qu'elles se sont répandues. Le type d'intervention à réaliser dépend de divers facteurs biologiques, sociaux et économiques. Cependant, cela ne signifie pas qu'il faille agir sans réfléchir, au contraire, **toute action doit être soigneusement évaluée et étudiée pour éviter que les dommages causés soient plus importants que la menace**

existante. Il est nécessaire d'élaborer des plans d'éradication et de contingence spécifiques, qui dotent les autorités compétentes de certains outils de base pour fournir une réponse rapide aux introductions d'organismes. Des organismes tels que l'UICN, la FAO, la CIPV, etc., ont mis au point des lignes directrices spécifiques pour la gestion des espèces envahissantes. Le but de ces lignes directrices est d'éviter l'éventuelle perte de biodiversité causée par les effets néfastes des espèces envahissantes.

L'espèce asiatique lotus d'orient, *Nelumbo nucifera*, a été introduite en 1921 dans le lac Supérieur (Vallée du Mincio) et depuis lors a débuté une invasion incontrôlée qui a affecté toute la vallée. Il s'agit d'une espèce exotique à croissance rapide et très agressive qui élimine toute la végétation submergée ou flottante qui existe dans la zone et forme un tapis d'un mètre de profondeur, monospécifique et impénétrable pour la faune. En une propagation fulgurante, elle entrave la circulation des flux d'eau, inhibe la photosynthèse et provoque une forte eutrophisation. Sa croissance fut telle que l'espèce parvint à se lier aux roseaux des bords de la zone humide, affectant pratiquement toute la surface de l'eau. En outre, l'action conjointe du lotus d'orient, des roseaux et de la canalisation des eaux en amont du fleuve a donné lieu à un important phénomène de terrestrialisation.

Pour le contrôle et l'éradication de cette espèce envahissante, le projet LIFE « Conservation de la réserve naturelle de Valli du Mincio » (LIFE96 NAT/IT/3073) a expérimenté une nouvelle technique ayant un faible impact écologique.

- Dans les zones où la profondeur de l'eau est de plus d'un mètre des coupes répétées annuelles ont été réalisées durant la période végétative, à l'aide de bateaux équipés de barres coupantes ; cette coupe répétée des feuilles émergées empêche le transport de l'oxygène au rhizome et inhibe la photosynthèse, provoquant la mort de la plante.
- La où la profondeur de l'eau n'est pas suffisante pour cette opération le rhizome a été extrait par des excavations à l'aide de bateaux et par le retrait partiel de la matière.

Cette technique s'est avérée très efficace. Elle a entraîné une réduction drastique du nombre d'hectares envahis par le lotus d'orient, ce qui a conduit à une augmentation de la biodiversité, une meilleure circulation de l'eau ainsi que le rétablissement et la propagation de la flore indigène, et les bénéfices qui en découlent pour la faune.

Le projet LIFE « Restauration des milieux aquatiques de Porqueres et Banyoles » (LIFE03 NAT/E/000067) compte parmi ses objectifs l'élimination des espèces exotiques *Populus x deltoides* et *Pyracantha coccinea*. Ces plantations d'arbres à la croissance rapide sont une forme de culture qui a remplacé les habitats caractéristiques du bassin lacustre, comme les forêts alluviales d'*Alnus glutinosa* et de *Fraxinus excelsior* et la forêt galerie de *Salix alba* et de *Populus alba* sur les rives du lac.

Les actions destinées à leur élimination ont été menées à plusieurs reprises au cours des trois années du projet LIFE (terminé en avril 2007), en fonction du développement de la végétation ciblée. La zone d'action s'étendait sur 9,1 ha. L'élimination des *Populus x deltoides* et des *Pyracantha coccinea*, s'est fait par le biais de la taille complète des plantations, consistant en une coupe unique à la base ou un ébranchage suivi du découpage de l'arbre debout. Le système d'extraction des bases coupées s'est effectué en tirant sur un câble, à l'aide de protecteurs appropriés afin d'éviter d'endommager le reste de la végétation et s'est déroulé au cours de l'hiver pour réduire l'impact sur la végétation compagne.

En raison de la forte capacité de repousse des espèces exotiques que l'on cherche à éliminer, il est nécessaire d'utiliser deux méthodes, en fonction du risque d'impact nécessaire, après leur taille :

- a. Recouvrement de la souche, d'environ 20 cm, à l'aide de terre végétale qui sera apportée après la coupe du tronc au niveau du sol.
- b. Application d'un herbicide. Cette action est réalisée par un personnel spécialisé utilisant un herbicide de contact, à l'application directe et localisée sur le cambium. Le produit herbicide utilisé doit être le moins agressif pour la faune aquatique et la végétation de l'environnement (de catégorie AAA), par exemple un herbicide de matière active contenant seulement 36 % de glyphosate.



Lorsque l'éradication n'est pas possible, les actions doivent être destinées à la propagation de l'espèce par le biais de la délimitation d'une zone et la lutte à long terme, réduisant la densité de la population jusqu'à des niveaux acceptables. Des mesures de confinement ont été mises en place dans le projet « Restauration et gestion intégrée de l'île de Buda » (LIFE96 NAT/E/003180).

Deux espèces de palmier, *Phoenix sp.* et *Washington sp.*, ont été retirées d'un site Natura 2000 et plantées dans un jardin public en milieu urbain, près de l'île de Buda. Avec le soutien par la suite de la communauté locale. Les mesures de lutte comprennent des techniques mécaniques, chimiques et biologiques. Les méthodes à appliquer doivent être soigneusement choisies pour obtenir la plus grande efficacité et le moindre impact afin d'éviter les effets indésirables.

Le projet LIFE Nature « Conservation des *Salmo marmoratus* et des *Rutilus pigus* dans la rivière Tessin » constitue un bon exemple de contrôle des populations de poissons introduites. L'objectif du projet était de protéger les populations de *Salmo marmoratus* et de *Rutilus pigus*, sérieusement menacées après l'introduction du silure *Silurus glanis*, par le biais d'un programme d'élevage en captivité et de réintroduction dans la rivière Tessin. Le silure est un prédateur nocturne vorace très compétitif dans l'obtention d'alimentation et de refuge, qui déplaçait les populations indigènes en raison de sa grande taille et de sa capacité à s'adapter à toutes sortes d'environnements.

Avant de commencer le programme de réintroduction, il était nécessaire de réduire la densité de population de l'espèce envahissante. Pour ce faire, des éliminations périodiques ont été réalisées par le biais de la pêche électrique et de la pêche sous-marine, particulièrement dans les sections de la rivière où les densités de population les plus élevées étaient observées. Les opérations de contrôle se sont avérées efficaces : 2,7 tonnes de silures qui ont été utilisées pour étudier la biologie des espèces adaptées à l'Italie ont été capturées. Par l'utilisation de techniques de bio-ingénierie dans des bassins naturels, des spécimens adultes de truites sauvages ont été cultivés de façon extensive (les stades larvaires et la nourriture que consomment les espèces d'élevage proviennent de l'environnement naturel sans intervention humaine). Le programme de production d'alevins comprenait une fertilisation artificielle de ces reproducteurs, l'incubation des œufs et la croissance des alevins dans le milieu naturel sans intervention humaine, afin de maximiser les tailles et de repeupler la rivière Tessin avec des spécimens indigènes. Les résultats de cette action se manifestent dans la production et la réintroduction dans la rivière Tessin de 20 000 *Salmo marmoratus* et de 3 000 000 *Rutilus pigus*.

Enfin, pour rétablir le libre passage des populations piscicoles interrompu par l'existence de barrages dans la rivière, est prévue la construction de canaux pour les poissons, dont la réalisation commencera d'ici peu. (Cesare Puzzi communication personnelle).

Si aucune des mesures n'est applicable, la dernière option est d'atténuer l'impact sur les espèces indigènes et l'écosystème. Quelle que soit la stratégie adoptée, nous ne devons pas oublier que la gestion des espèces envahissantes est seulement une phase du processus, dont l'objectif est la conservation des espèces et des habitats indigènes.

Méthodes de lutte contre les espèces envahissantes (Ramsar COP7 DOC 24)

Prévention et lutte, par l'imposition de quarantaines et la réglementation des exportations et importations et des marchés. Cela nécessite la reconnaissance des espèces envahissantes et un accord entre les États, ainsi que des mécanismes qui assurent la surveillance et l'action pour arrêter la circulation des espèces ciblées.

Méthodes mécaniques : arrachage, destruction, piégeage ou capture ; elles exigent toutes de trouver et de manipuler les organismes envahissants et de les retirer physiquement de l'écosystème. Cette méthode peut s'avérer efficace, mais elle aboutit rarement à un contrôle durable, car elle nécessite un effort permanent et ne permet pas habituellement de retirer tous les individus d'une population envahissante ; c'est-à-dire que dans la plupart des cas l'éradication ne constitue pas une option valable, de sorte que cette forme de lutte est maintenue aussi longtemps que durent les activités nuisibles des espèces envahissantes.

Méthodes chimiques : à l'aide de pesticides, herbicides et poisons (rarement spécifiques). Cette méthode comporte de nombreux problèmes d'application et des effets sur les espèces non ciblées, mais dans certains cas elle peut constituer la seule solution. Il est préférable d'utiliser des substances chimiques ayant une durée de vie courte ou produisant un minimum de résidus et surtout, qui présentent la plus grande spécificité par rapport aux espèces envahissantes ciblées.

Méthodes biologiques : en particulier pour les espèces exotiques et habituellement à l'aide d'agents de lutte biologique exotiques. Cette méthode part du principe que la plupart des espèces envahissantes « sont sous contrôle » (et ne sont donc pas envahissantes) dans leur habitat d'origine en raison de l'action de toute une série de parasites, d'agents pathogènes et de prédateurs : ces agents qui maintiennent chaque espèce en harmonie avec son milieu et équilibrent sa croissance et sa propagation. Lorsqu'une espèce envahissante s'établit dans un nouvel habitat ou écosystème, souvent dans une partie du monde très éloignée de son aire de répartition d'origine, c'est aussi loin de ces parasites, agents pathogènes et prédateurs capables de la contrôler, ce pourquoi elle peut croître et se répandre sans problème. La lutte biologique nécessite de trouver un de ces organismes de contrôle faisant partie de l'environnement d'origine de l'espèce envahissante, de procéder à son élevage et de le relâcher afin qu'il contrôle l'espèce exotique dans son nouvel habitat, réduisant ainsi sa croissance, sa propagation et l'impact sur son nouvel habitat.

Manipulation (gestion) des écosystèmes, par exemple : gestion des bassins, gestion de l'eau, lutte contre la pollution, concurrence avec les cultures ou les espèces locales. Ces techniques éliminent d'autres avantages dont l'espèce envahissante pourrait bénéficier dans son nouvel habitat réduisant ainsi sa croissance, sa propagation et ses effets.

Gestion intégrée et stratégies du même type faisant appel à l'une ou à toutes les techniques décrites ci-dessus en association stratégique.



La rivière Tessin dans la province de Milan



Captures de silures par pêche électrique. LIFE « Conservation de *Salmo marmoratus* et *Rutilus pigus* dans la rivière Tessin »



Étangs naturels dans lesquels a été réalisé l'élevage de truites à l'aide de techniques de bio-ingénierie. LIFE « Conservation de *Salmo marmoratus* et *Rutilus pigus* dans la rivière Tessin »

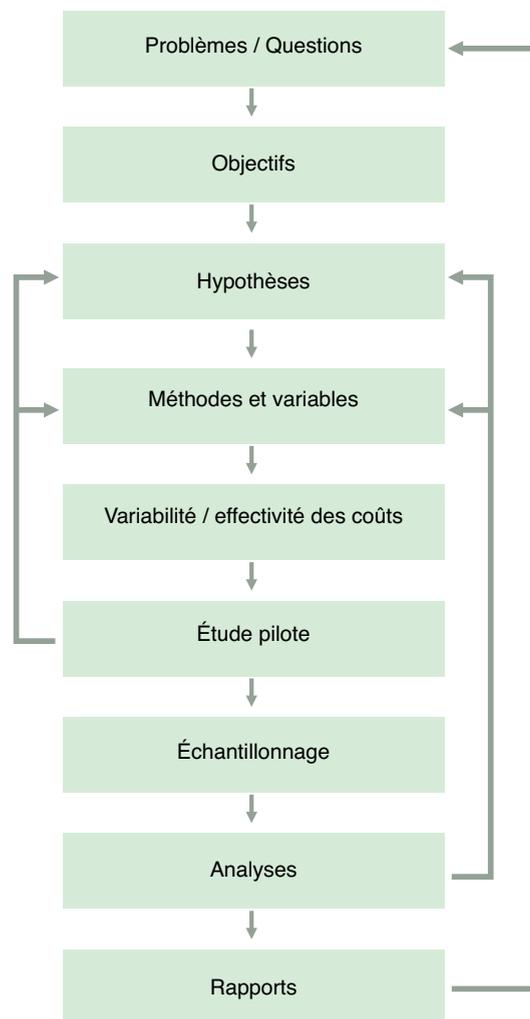
4.1.5 Surveillance de la restauration

La surveillance consiste à identifier des modifications pouvant nous indiquer l'état d'avancement du système pour atteindre les objectifs du projet. C'est une erreur de considérer que la restauration prend fin une fois la phase de mise en œuvre terminée. De nombreux projets de restauration nécessitent des actions correctives au cours de ces dernières, par exemple : lors du projet LIFE « Restauration et gestion intégrée de l'île de Buda », la reconstruction de l'un des murs de contention des rizières transformées en marais littoraux d'eau douce s'est avérée nécessaire, en raison de l'action de perforation inattendue de l'écrevisse de Louisiane. La surveillance comporte un entretien régulier de la zone (clôtures cassées, croissance de mauvaises herbes, obstruction de canaux...) et permet d'identifier les actions à appliquer pour corriger les écarts par rapport aux buts écologiques établis.

4.1.5.1 Conception d'un programme de surveillance

La surveillance de l'évolution du système permet, en attendant que les objectifs soient atteints, de vérifier l'efficacité des actions menées au cours de la phase de mise en œuvre. Une surveillance efficace doit intégrer les paramètres capables de détecter l'adéquation des actions réalisées avant que des dommages significatifs sur l'environnement ne soient enregistrés. Le choix des variables qui doivent être mesurées dans le processus de surveillance est essentiel. Elles sont basées sur les objectifs du projet et les buts spécifiques fixés. Par exemple, une technique utile pour la surveillance des effets indésirables dans les zones humides est l'utilisation de Systèmes d'Information Géographique (SIG), car elle permet d'évaluer les changements dans les caractéristiques écologiques des zones humides. Les variables contrôlées doivent être mesurées au début et après l'achèvement des actions, pour être en mesure de documenter les changements.

Un aspect fondamental de la surveillance est la mise en place et le développement de programmes de surveillances périodiques permettant d'évaluer de façon critique si les objectifs prédéfinis ont été atteints. Le schéma suivant (Figure 4) décrit comment établir un programme de surveillance dans une zone humide. Les flèches indiquent la rétroaction qui rend possible l'évaluation de l'efficacité du programme de surveillance pour atteindre ses objectifs.



Fuente: Manual de Ramsar para el Uso Racional N° 8, 2004

Figure 4. Etapas d'un programme de suivi dans des zones humides

Le tableau 15 décrit les phases que devraient comprendre un programme de surveillance de zones humides.

Tableau 15. Phases d'un programme de surveillance dans des zones humides

Problèmes / Questions	<ul style="list-style-type: none"> - Indiquer clairement et sans ambiguïtés les problèmes / Questions - Indiquer la portée connue du problème/ de la question et sa cause la plus probable - Identifier la situation de base d'origine ou de référence
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> - Il sert de base pour la collecte d'informations - Il doit être possible à atteindre dans un délai raisonnable
Hypothèses	<ul style="list-style-type: none"> - Supposition qui permet de vérifier la validité des objectifs - Sert de fondement pour l'objectif proposé et peut être vérifié
Méthodes et variables	<ul style="list-style-type: none"> - Elles sont spécifiques, selon le problème qui est envisagé et fournissent des informations qui permettent de vérifier l'hypothèse - Permettent de détecter la présence de changements et d'évaluer leur importance - Permettent d'identifier ou d'éclaircir la cause du changement
Variabilité / effectivité des coûts	<ul style="list-style-type: none"> - Etablir si le suivi peut être réalisé, ou non, de façon périodique et continue - Evaluer les facteurs qui jouent une influence sur le travail d'échantillonnage : disponibilité du personnel formé, accès aux lieux d'échantillonnage ; disponibilité et fiabilité de l'équipe spécialisée ; moyens pour analyser et interpréter les données ; utilité des données et des informations ; moyens pour informer à temps - Etablir si les coûts pour la collecte et l'analyse de données peuvent être couverts par le budget établi
Étude pilote	<ul style="list-style-type: none"> - Temps nécessaire pour vérifier et affiner la méthode et l'équipe spécialisée - Evaluer les besoins de formation du personnel - Confirmer les moyens d'analyse et d'interprétation des données
Échantillonnage	<ul style="list-style-type: none"> - Le personnel doit connaître toutes les techniques d'échantillonnage - Tous les échantillons doivent être documentés, date et localisation, noms du personnel, méthodes d'échantillonnage, équipement utilisé, moyens de stockage et de transport, et tout changement dans les méthodes. - L'échantillonnage et l'analyse des données doivent être effectués à l'aide de méthodes rigoureuses et vérifiées scientifiquement
Analyses	<ul style="list-style-type: none"> - Les analyses doivent être documentées : date et lieu (ou limite de la zone d'échantillonnage), noms du personnel qui a réalisé les analyses, méthodes utilisées, équipement utilisé, méthode de stockage de données
Rapports	<ul style="list-style-type: none"> - Interpréter et faire connaître tous les résultats en un temps et à un coût approprié - Le rapport doit être concis et indiquer si les résultats confirment l'hypothèse ou non - Le rapport doit contenir des recommandations sur les mesures pour la gestion, y compris une nouvelle surveillance

Ramsar, 2004

La surveillance peut se faire à partir de la collecte d'informations qualitatives (d'observation et générale), qui donnent une idée générale permettant de savoir si des changements se produisent. Cependant, du fait que les méthodes qualitatives ne fournissent généralement pas de renseignements suffisants pour déterminer avec exactitude l'état du système en ce qui concerne les buts spécifiques, on a tendance à s'appuyer sur des données quantitatives (numériques et spécifiques). Les méthodes de collecte d'informations qualitatives comprennent : des photographies aériennes pour montrer l'hydrologie, des indications sur l'acheminement de l'eau, la distribution de la végétation ; des photographies au niveau du sol pour identifier certaines espèces de plantes et leur croissance, les niveaux de substrat et d'eau ; et des observations générales sur la transparence de l'eau, la présence d'ordures, l'utilisation par les hommes, la présence d'oiseaux, les conditions de la végétation (stressée, en fleurs, en bonne santé), la présence d'espèces envahissantes, l'érosion et l'intégrité des structures, l'échantillonnage qualitatif des macro-invertébrés ou du plancton, etc.

Les méthodes quantitatives nécessitent, en général, du personnel spécialisé en hydrologie, sols ou biote, même si avec de la pratique, des protocoles spécifiques et une supervision adéquate, la collecte des données peut également être réalisée par des bénévoles. Ces méthodes fournissent des informations détaillées sur le développement de la zone humide par rapport aux objectifs fixés et pour la recherche à long terme sur la zone humide. Les méthodes quantitatives comprennent : des mesures du niveau d'eau, le prélèvement d'échantillons d'eau et de sédiments pour leur analyse, les caractéristiques du sol et la topographie, l'enregistrement des espèces de plantes et de leur couverture le long de transects, des pièges afin de déterminer la diversité et l'abondance des espèces animales, etc.

Le tableau 16 présente les paramètres mesurés dans des zones humides et les méthodes de surveillance employées.

Tableau 16.1. Paramètres et méthodes de surveillance applicables à des zones humides GENERAL

Paramètre	Méthode qualitative	Espèce allochtone
Situation	Collecte et/ou création de cartes avec les limites de la propriété, l'échelle, les points de références, etc.	
Type de zone humide	Caractérisation selon les classifications existantes (CORINE, Ramsar, MedWet...)	
Zone de drainage		SIG et cartes de base appropriées
Utilisation de la terre environnante	Estimation du pourcentage d'utilisation de la terre environnante	Estimation du pourcentage d'utilisation de la terre environnante
Aire de la zone humide		GIS, délimiter la zone humide et utiliser des techniques de mesure de base pour créer des cartes
Pente		Mesurer les élévations et la pente à intervalles le long d'un transect
Microtopographie		Mesurer les élévations à chaque mètre sur des transects traversant la zone humide

Modifié d'après IWWR, 2001

Tableau 16.2. Paramètres et méthodes de surveillance applicables à des zones humides HYDROLOGIE

Paramètre	Méthode qualitative	Espèce allochtone
Profondeur de l'eau		En surface : sondages, indicateur du niveau d'eau Souterraine : piézomètres
Profils des flux	Observation directe pour indiquer les trajets principaux et les canaux sur la carte	Photographies aériennes pour indiquer les trajets principaux / les canaux sur la carte
Taux de flux	Estimation du flux basée sur des taux typiques pour la zone et la taille estimée de la zone humide	Mesures entrées ou sorties (si elles sont présentes) en utilisant des canaux ou barrages, mesures du flux interne à l'aide de mesureurs de courants, méthodologie de flux augmentés (Bovee et Cochinaur 1977)
Observations indirectes	Observations des marques hautes d'eau, lignes de flux, etc.	

Modifié d'après IWWR, 2001

Tableau 16.3. Paramètres et méthodes de surveillance applicables à des zones humides QUALITÉ DE L'EAU

Paramètre	Méthode qualitative	Espèce allochtone
Echantillons d'eau (pH, salinité, nutriments, polluants, métaux lourds, etc.)	Mesures régulières des attributs appropriés basés sur les objectifs du projet en utilisant des équipements de terrain et/ou des mesures de terrain	Etablir un programme conçu pour montrer des différences saisonnières, mesures régulières des attributs appropriés basés sur les objectifs du projet en utilisant des mesures de terrain et des analyses en laboratoire
Niveaux de sédiment	Observation de la transparence et/ou de l'emploi du disque de Secchi	Prélèvement d'échantillons, mesures de terrain et analyses en laboratoire

Modifié d'après IWWR, 2001

Tableau 16.4. Paramètres et méthodes de surveillance applicables à des zones humides SOL

Paramètre	Méthode qualitative	Espèce allochtone
Profondeur du sol	Excavation jusqu'à atteindre un sol compact ou d'au moins 45 cm, observer des changements dans la couleur et la structure du sol	Prélèvement d'échantillons du sol (extracteur d'échantillons « Auger » ou « Pit », ce sont les plus utilisés) et analyse de la composition et des horizons du sol
Couleur du sol		Détermination de la couleur de la matrice (couleur dominante) à l'aide d'un tableau de couleurs « Munsell », ainsi que tout autre tache ou rayure
Texture du sol	Utilisation du triangle de texture de sol pour classifier sur la base du toucher (Horner et Raedeke 1989)	Prélèvement d'échantillons du sol et analyses en laboratoire de la taille des particules et des différents horizons du sol
Matière organique		Analyses en laboratoire du pourcentage de matière organique dans la couche supérieure ; y compris une mesure de l'humidité du sol
Sédimentation	Détermination de changements dans la profondeur du sol à l'aide d'un mesureur portable	Topographie ou bathymétrie chaque année, prélèvement d'échantillons du sol et analyse postérieure chaque année.

Modifié d'après IWWR, 2001

Tableau 16.5. Paramètres et méthodes de surveillance applicables à des zones humides VÉGÉTATION

Paramètre	Méthode qualitative	Espèce allochtone
Diversité des espèces	Identification des espèces communes et annotation du nombre d'espèces non identifiées	Quantification des espèces indigènes et non indigènes
Couverture	Estimation de la couverture jusqu'à 10%, cartographie des communautés végétales	Réalisation de transects, calcul de couverture, cartographie des communautés végétales
Survie	Détermination visuelle du pourcentage de plantes vivantes	Comptage de la végétation et détermination du pourcentage de plantes vivantes
Hauteur	Mesure de la hauteur de plantes spécifiques régulièrement	Mesure de la hauteur de plantes choisies au hasard pour faire une comparaison statistique valide
Structure	Comptage des pousses et ramification de plantes spécifiques régulièrement	Comptage des pousses et ramification de plantes choisies au hasard pour faire une comparaison statistique valide
Reproduction	Détermination du nombre de plantes spécifiques en floraison et en production de graines chaque année	Pourcentage de plantes, choisies au hasard, qui sont en floraison et en production de graines chaque année ; quantification de nouvelles plantules sur des parcelles choisies au hasard

Modifié d'après IWWR, 2001

Exclusion expérimentale du pâturage dans une zone de végétation dans un étang de la Plaine des Maures. LIFE « Conservation des zones humides méditerranéennes temporaires »



Tableau 16.6. Paramètres et méthodes de surveillance applicables à des zones humides FAUNE

Paramètre	Méthode qualitative	Espèce allochtone
Observations	Observations directes de vie sauvage, poissons et invertébrés	
Evaluations de l'habitat		Procédures d'évaluation de l'habitat : HEP, (Devos et Mosby 1971 ; Gysel et Lyon 1980 ; Urich et Graham 1983), systèmes d'évaluation d'habitat (McConnel et al. 1982 ; Johnson et Carothers 1982 ; Cummins et Mattingly 1982) ; ou méthodes comparables pour espèces
Diversité et abondance d'espèces	Identification d'espèces par l'observation sans qu'il n'existe de comptage	Quantification d'espèces sur des points spécifiques ou autre méthode quantitative nécessaire pour déterminer la diversité et l'abondance d'espèces indicatrices
Survie d'espèces		Etude de marques et recapture
Succès de la reproduction	Enregistrement d'espèces en reproduction	Comptages ponctuels, enquêtes ou autres protocoles pour déterminer le pourcentage de la population en reproduction et les nombres de juvéniles produits
Espèces peu fréquentes		Réalisation d'études autorisées par les autorités compétentes

Modifié d'après IWWR, 2001

La fréquence avec laquelle les mesures doivent être effectuées et le temps que doit durer la surveillance dépendent de nombreux facteurs, et notamment la variabilité naturelle de l'attribut, le taux de changement du lieu et les objectifs du projet. Les caractéristiques de l'attribut à mesurer vont déterminer s'il y a lieu de réaliser les mesures à un moment donné. La végétation, par exemple, doit être mesurée au début et à la fin de la saison de croissance, et la faune au cours de la reproduction, la nidification et/ou les saisons de migration, l'hydrologie pendant les périodes où l'eau présente des niveaux maximum et minimum ... Une fois que la zone humide est stabilisée, la fréquence d'échantillonnage peut être réduite même s'il est toujours approprié de garder une périodicité. La surveillance est une activité à long terme.



Activités de formation et séminaires techniques Life « Conservation des zones humides méditerranéennes temporaires »



Surveillance technique de la lagune de Gallocanta

Le contrôle et la surveillance des travaux de restauration effectués (recolonisation à l'aide d'espèces indigènes, récupération des étangs temporaires et remplissage partiel d'un fossé de drainage afin d'améliorer les conditions d'humidité du sol) ont permis de connaître l'évolution de l'état physico-chimique du sol et de la qualité des eaux, le gradient de salinité et la succession de la colonisation végétale. Les travaux ont consisté à analyser les échantillons de sol et d'eau et à contrôler la végétation.

Collecte périodique des échantillons de sol : des analyses des paramètres de texture, conductivité, pH, rapport C/N, matière organique, azote total, calcaire actif, carbonates, phosphore assimilable, potassium échangeable, magnésium échangeable, sodium échangeable et calcium échangeable ont été effectuées. Les échantillons de sol ont été prélevés aussi bien dans des parcelles du projet que dans des zones bien conservées de pré salé et des zones humides temporaires de référence pour leur comparaison. Collecte périodique d'échantillons d'eau : collecte trimestrielle d'échantillons d'eau dans le pré de Las Cuerlas et semestriel dans la zone de la Pardina (Las Cuerlas) pour l'analyse de l'eau de la nappe phréatique (température, pH, conductivité, potentiel redox et contenu en nutriments).

Contrôles de la végétation (surveillance de la colonisation d'espèces de pré salé et de zones humides temporaires, mesure de la couverture, etc.) : tous les six mois échantillonnage de parcelles du projet, en particulier les parcelles qui montrent déjà une végétation typique des prés salés ou des zones humides temporaires. Projet LIFE : « Restauration, conservation et gestion de la lagune de Gallocanta »

Les informations obtenues au cours de la surveillance doivent être analysées et comparées aux standards attendus en vue de déterminer si la zone humide se développe comme prévu. Dans le cas contraire, et sur la base des résultats obtenus, les mesures nécessaires à l'amélioration du projet seront adoptées.

4.1.5.2 Évaluation du succès de la restauration

Les normes d'efficacité correspondent aux attributs mesurables permettant de déterminer si le projet atteint ses objectifs. La meilleure méthode pour déterminer si une restauration a réussi consiste à vérifier si normes d'efficacité définies au cours du processus de planification du projet sont respectées. Les méthodes de surveillance devraient servir à évaluer ces normes.

Les buts, objectifs, normes d'efficacité et les méthodes de surveillance doivent être consignés par écrit et faire l'objet d'une large diffusion, au même titre que des évaluations fréquentes afin que les projets ne s'écartent pas de la trajectoire prévue. (Principes et lignes directrices pour la restauration des zones humides. Résolution VIII.16 de la Convention de Ramsar).

Un exemple de but de projet pourrait consister à améliorer la qualité de l'habitat de la faune et de la flore sauvages. Un objectif connexe pourrait être l'amélioration de la valeur de l'habitat de certaines espèces, comme les oiseaux aquatiques migrateurs. Les normes d'efficacité associées à cet objectif pourraient spécifier le nombre de couples reproducteurs de plusieurs espèces clés censés tirer profit du site une fois la restauration achevée.

Si les normes d'efficacité ne sont pas atteintes il est nécessaire de réexaminer le projet. Si les buts, les objectifs et les normes d'efficacité initialement proposés ne sont pas viables, des mesures correctives seront engagées. Dans le cas contraire, ils devront être réexaminés, pour déterminer si la reformulation globale du projet est nécessaire, ou si l'introduction de quelques modifications ponctuelles aux plans existants est suffisante. La révision des buts, des objectifs et des normes d'efficacité d'origine, ainsi que les mesures correctives doivent être perçus comme des aspects nécessaires du processus de restauration.

D'un autre côté, si les parties prenantes ne sont pas satisfaites des résultats du projet même si les normes d'efficacité spécifiées ont été atteintes, il est nécessaire d'examiner l'ensemble du processus.



Mesure du flux de l'eau



Zone humide de traitement d'eaux usées



Surveillance des paramètres physico-chimiques de l'eau. Projet LIFE « Mise en œuvre de mesures de gestion dans le lac de Tavropos en Grèce »



Échantillon de sédiments



Drague Eckman employée pour la prise de sédiments lacustres. Etang littoral d'Adra



Analyse d'eau dans le lac Nestos. Projet LIFE « Lacs vivants »

Surveillance de la restauration sur le lac de Tavropos

Le projet LIFE « Application de mesures de gestion dans la zone du lac Tavropos », développé en Grèce, a effectué une surveillance complète des mesures mises en œuvre, afin d'évaluer leur efficacité. Ces mesures ont consisté en :

Le contrôle de la sédimentation : après la construction d'une digue de contrôle de la sédimentation, un programme de surveillance a été mis en place pour déterminer la capacité de transfert des sédiments de la rivière Keredan. L'évolution des sédiments a été déterminée à l'aide de la méthode du point fixe. Les mesures volumétriques des sédiments ont été effectuées tous les mois et dans des conditions météorologiques extrêmes (inondations), tout au long du projet. Il a ainsi été démontré que la rivière Keredan contribuait par de grandes quantités de sédiments à l'envasement du lac Tavropos, et conclu que la construction de la digue de contention s'avérait efficace.

Surveillance de la qualité de l'eau : quatre stations permanentes ont été installées afin d'évaluer la qualité de l'eau, réparties le long du bassin versant. Elles prélevaient des échantillons toutes les six heures. Les résultats ont montré que la qualité du lac par rapport aux paramètres mesurés était excellente. Ces stations d'échantillonnage ont été maintenues en activité pendant la durée prévue par le projet.

Surveillance de l'évolution des zones humides artificielles : pendant deux ans le fonctionnement des zones humides et de la végétation a été évalué, en tant que systèmes de traitement des résidus. Les échantillonnages hebdomadaires des paramètres physico-chimiques et biologiques mesurés ont montré, en général, un bon fonctionnement du système. Les problèmes qui ont surgi étaient liés à la difficulté de fournir des résidus régulièrement, en particulier pendant l'hiver en raison de l'accès difficile (neige et glace) mais aussi de la dilution fréquente des eaux usées dans les lits de traitement en raison de la neige et de la pluie.

Surveillance des écosystèmes de berges : des échantillonnages ont été effectués, de manière saisonnière, sur différentes communautés végétales. Trois surfaces (400 m²) ont été installées dans les trois ruisseaux qui se jettent dans le lac Tavropos, à la même distance (2,5 km du lac). Les plantes ont été collectées à l'aide de la méthode de Braun - Blanquet. Parallèlement à la surveillance sur le terrain, des informations ont été recueillies à partir d'images satellites et de photos aériennes, pour créer une carte numérique en trois dimensions de la zone de référence. Les informations ont été classés et traités par un système d'information géographique (SIG), ce qui a permis d'ajouter à la zone d'étude les utilisations du sol, le réseau hydrographique et des routes, etc. Les mesures d'indicateurs environnementaux et de diversité, les changements dans la flore des zones échantillonnées et autres données géo-référencées ont également été appliqués au SIG, permettant la création d'un modèle environnemental pour l'identification des zones à risque d'érosion.

(Projet LIFE : Application de mesures de gestion dans la zone du lac Tavropos, Grèce. LIFE99 NAT/GR/006480)

Critères pour déterminer le succès de la restauration d'un écosystème.

Les critères permettant de vérifier si la restauration a été achevée avec succès sont (Ewel 1987) :

1. Durabilité de la communauté reconstruite, fait référence à la capacité de la communauté à se perpétuer à elle-même et à s'établir dans la zone restaurée au fil du temps, sans que l'intervention de l'homme soit nécessaire.
2. Susceptibilité à l'invasion d'espèces ou caractère invasif, qui implique la résistance du nouveau système à l'arrivée et à la propagation incontrôlée d'espèces exotiques ou d'espèces issues de la même communauté.
3. Productivité, le système restauré doit être aussi productif que l'original.
4. Rétention des nutriments, c'est-à-dire si une proportion appropriée des nutriments produits par la communauté est retenue dans le système, et si ces derniers ne se perdent pas au fil du temps. Si le flux de nutriments dans le système final est inférieur à celui existant dans le système d'origine, la restauration n'a pas été adéquate.
5. Interactions biologiques, devraient être similaires dans la communauté restaurée par rapport à celle de l'écosystème d'origine. Dans la pratique, ces interactions constituent un bon indicateur lorsqu'elles manquent au système.

Cependant, bon nombre de ces critères ne sont pas faciles à mettre en pratique, en raison parfois de leur coût et dans d'autres cas de la difficulté que leur mesure représente dans de nombreux écosystèmes, par exemple les interactions biologiques, la productivité ou la production nette. Il n'existe pas non plus de critère général applicable aux différents types d'écosystèmes qui nous permette de mesurer quantitativement jusqu'à quel point ils ont été restaurés.

Indicateurs

Les normes d'efficacité sont basées sur des indicateurs : « *Pour évaluer la fonctionnalité de l'écosystème il est nécessaire de concevoir, évaluer et rendre opérationnels des indicateurs de succès dans la restauration écologique* » (Kovács et al. 1992 ; Nugteren et al. 1997). Certains de ces indicateurs de succès sont : surface restaurée, flux de l'eau, qualité du sol, rétention d'humidité et nutriments, cycle des nutriments, existence et perte de nutriments, stockage de carbone, productivité (biomasse aérienne), succession, méiofaune, attirance de faune, formation de corridors biologiques, disponibilité de l'habitat, réduction de la perte d'habitat, structure et qualité du paysage et maintien de la biodiversité mesurée en tant que diversité spécifique.

Les caractéristiques que doivent posséder des indicateurs afin d'informer sur l'état de l'environnement sont les suivantes (Noss 1990 ; Caro et O'doherty 1999) :

1. Assez sensibles pour détecter un changement dans les débuts.
2. Répartis sur une large échelle géographique.
3. En mesure de fournir des valeurs continues sur un large éventail de perturbation.
4. Relativement indépendants de la taille de l'échantillon.
5. Faciles et économiques à mesurer, recueillir, vérifier, et/ou calculer.
6. En mesure de différencier les cycles ou tendances naturels et ceux induits par des perturbations anthropiques.
7. Appropriés à des phénomènes écologiques significatifs à différents niveaux d'organisation.

Un seul indicateur ne possède pas toutes ces caractéristiques, il est donc nécessaire d'utiliser un ensemble d'indicateurs complémentaires, qui évalue les aspects de la composition (comprenant des listes et mesures de la richesse des espèces et de la diversité génétique), de la structure (comprenant la complexité des habitats, les abondances relatives des espèces, la structure de répartition des habitats, etc.) et la fonction (comprenant le flux génétique, les perturbations, les interactions, etc.), à différents niveaux d'organisation (Noss 1990).

L'utilisation d'indicateurs biologiques et physico-chimiques permet d'analyser les causes possibles des changements observés. Les indicateurs physico-chimiques renseignent sur l'action mise en œuvre et sur les causes de la perturbation (aire de la zone humide, flux hydrique, sédiments, polluants, etc.). En outre, ils sont facilement mesurables (niveau d'eau, salinité, solides en suspension...). Ils présentent l'inconvénient de ne pas pouvoir mesurer ou détecter l'action de facteurs occasionnels ou de courte durée, sauf si des échantillons sont prélevés de manière continue. Dans les zones humides, les indicateurs physiques les plus importants sont ceux liés au cycle de nutriments et à la pollution. Les indicateurs biologiques sont basés sur la sensibilité que présentent certaines espèces face aux changements dans le système ou à la présence de polluants. Ils sont très utilisés, car ils permettent d'identifier les changements à long terme. Au sein de l'ensemble des bio-indicateurs, les communautés de macro-invertébrés benthiques sont choisies comme référence pour l'élaboration d'indices biotiques.

Bio-indicateurs et bio-accumulateurs

L'utilisation de certains organismes tels que les détecteurs de pollution est bien connue. Les bio-indicateurs sont des organismes dont la présence ou l'absence dans un habitat implique l'existence d'une source de pollution. Selon leur sensibilité à la pollution ils sont classés comme espèces intolérantes, facultatives ou tolérantes. Les caractéristiques des bio-indicateurs sont les suivantes (Hellawell 1986) :

1. Identification rapide, il faut qu'il s'agisse d'espèces connues. Une erreur à caractère taxonomique impliquerait une interprétation erronée des données.
2. Faciles à échantillonner et à l'aide de méthodes quantitatives, ne nécessitant pas d'équipements trop sophistiqués ou coûteux pour obtenir les échantillons.
3. Grande distribution, qu'ils soient présents dans tous les points d'échantillonnage, pour pouvoir effectuer la comparaison. D'un autre côté, l'absence d'espèces ayant des besoins écologiques très particuliers et présentant une distribution limitée ne peut pas être associée à la pollution, etc.
4. Connaissance de leur auto-écologie (relations mutuelles des espèces individuelles avec les autres organismes et le milieu), c'est-à-dire que l'on dispose de nombreuses informations sur le comportement de l'organisme, les besoins de son développement, les étapes et le temps de croissance, l'abondance de la population, etc.
5. Importance économique, les espèces apportant une richesse économique (par exemple les poissons) ou qui sont dangereuses pour l'économie (certaines algues produisant de la toxicité en s'accumulant chez les mollusques) présentent un intérêt intrinsèque.
6. Capacité à accumuler rapidement des toxiques, en particulier s'ils reflètent les niveaux environnementaux, puisque cela permet de connaître la répartition de l'espèce par rapport à la concentration de polluants.
7. Facilement cultivables en laboratoire, afin qu'ils puissent être utilisés dans des expériences permettant d'étudier leur réponse aux polluants.
8. Faible variabilité, génétique et dans leur niche au sein de la communauté biologique.

Les bio-accumulateurs sont des organismes qui peuvent accumuler des substances dans leurs tissus, indiquant que cette substance a été ou est présente dans le milieu. Ils sont très utiles dans la surveillance de la pollution par des métaux lourds et des pesticides, en particulier des insecticides organochlorés. Les attributs des indicateurs de bio-accumulation sont les suivants (Hellawell 1986) :

1. Tous les individus de l'espèce utilisée comme indicateur doivent présenter la même corrélation entre leur contenu résiduel et la concentration moyenne de polluants dans le milieu (eau, sédiments ou aliments) en tout lieu et dans les mêmes conditions.
2. Capacité à accumuler la concentration maximale de polluants présents dans le milieu, sans entraîner leur mort.
3. Sédentaires, pour s'assurer qu'ils se trouvent dans la zone d'étude.
4. Abondance, doivent être abondants dans la zone d'étude et, de préférence, présenter une large distribution afin de faciliter la comparaison entre les différentes zones.
5. Long cycle de vie, pour pouvoir procéder à des échantillonnages sur plusieurs classes d'âges et évaluer les effets à long terme.
6. Grande taille, afin de pouvoir disposer de suffisamment de tissus pour les analyses.
7. Facile à échantillonner et capables de survivre dans les conditions de laboratoire.

La sélection des indicateurs doit être liée aux processus impliqués dans le changement des caractéristiques écologiques de la zone humide et dirigés vers les facteurs environnementaux clés qui contrôlent la structure et la composition de l'habitat. Dans les zones humides méditerranéennes, le niveau de l'eau, les nutriments et la salinité constituent les facteurs qui contrôlent la composition des espèces, la diversité et la production de la végétation. Les causes des changements défavorables dans les caractéristiques écologiques d'une zone humide peuvent être regroupées en cinq grandes catégories, d'après Ramsar (résolution VII.10) : modification du régime de l'eau ; pollution de l'eau ; modification physique ; exploitation des produits biologiques et introduction d'espèces exotiques. Les indicateurs les plus appropriés pour évaluer l'état de la zone humide peuvent être classés selon ces catégories.

Changements dans le régime hydrique

Le **niveau des eaux de surface et des eaux souterraines** est un paramètre environnemental de base, qui contrôle l'habitat et la distribution des espèces. Dans des digues et rivières ou fleuves, des mesures à long terme sont réalisées quotidiennement, ce qui fournit des informations sur les changements ayant eu lieu en amont. Les mesures de l'**équilibre hydrique** (différence entre les entrées et les sorties d'eau que reçoit une zone humide) permettent de comprendre les causes des changements. Les précipitations, les débits des rivières, fleuves, canaux ou eaux souterraines sont des variables faciles à mesurer et peu coûteuses. Les mesures de **salinité** (ou leur équivalent : conductivité électrique de l'eau) sont un indicateur de flux d'eau par le biais des effets de dilution ou de concentration. Par exemple, dans un marais littoral en recul, des mesures de la salinité permettent d'estimer les pertes hydriques provoquées par infiltration ou évapotranspiration. De la même manière, dans des lagunes, il s'agit d'un indicateur de l'équilibre hydrique entre les différents compartiments (précipitations, mer, rivières, etc.), par exemple des processus hydrologiques. Dans certains cas, la température de l'eau est révélateur de changements dans le régime de l'eau, par exemple, dans des zones humides qui reçoivent des apports de ruisseaux à une température très différente de celle existant dans la zone humide. Bien que différentes espèces de plantes, invertébrés et poissons puissent agir comme bio-indicateurs, leur utilisation n'est pas conseillée, car sur le régime hydrique de la zone humide, les paramètres physiques fournissent davantage d'informations et sont plus faciles à mesurer.

Pollution des eaux

La cause de pollution la plus courante dans les zones humides méditerranéennes est l'eutrophisation, provoquée par les apports de phosphore et d'azote, provenant de produits agricoles, d'effluents urbains et des stations d'épuration des eaux usées. La mesure de l'**équilibre des nutriments**, c'est-à-dire les quantités et flux de phosphore et de nitrogène entre les différents compartiments (eau, sédiments, plantes, etc.), constitue le meilleur système pour déterminer s'il existe une eutrophisation. Dans des lacs profonds et rivières ou fleuves, la concentration de nutriments dans l'eau est un bon indicateur du niveau trophique, cependant, dans des lagunes côtières, des marais littoraux et des lacs peu profonds, il est plus recommandé de déterminer la concentration de nutriments dans les sédiments. Ceci est lié au fait que dans des systèmes peu profonds, les nutriments ont tendance à sédimenter rapidement et aux variations que la concentration de nutriments subit, par l'absorption de producteurs primaires (plantes, phytoplancton...) et par l'échange avec les sédiments (par exemple, la remise en suspension des sédiments causée par le vent, la diminution du potentiel redox des sédiments causée par une fuite de phosphore vers la colonne d'eau...).

Les **profils des nutriments** dans les sédiments permettent de connaître l'eutrophisation à l'échelle temporelle et le **potentiel redox** constitue un indicateur de la quantité de matière organique et des processus de dégradation des sédiments. La **transparence de l'eau**, la **concentration d'oxygène** et le **pH**, sont des indicateurs physico-chimiques du degré d'eutrophisation. Pour leur part, le **phytoplancton**, le **périphyton** et les **algues benthiques** sont des indicateurs biologiques très utiles dans les études de l'eutrophisation, constituant des bio-indicateurs de l'état trophique des lacs, lagunes, rivières et fleuves. Sont habituellement utilisées la **densité** (nombre de cellules/ml), la **biomasse** (via la

chlorophylle), la **production**, la **composition des espèces** et la **diversité** (abondance relative des différents groupes) comme indicateurs sensibles à la concentration de nutriments, circulation de l'eau, salinité, etc. Les macrophytes et macro-invertébrés sont des bio-indicateurs couramment utilisés dans des programmes de surveillance pour évaluer la pollution, tandis que les vertébrés sont de faibles indicateurs de l'état trophique des zones humides.

Modification physique

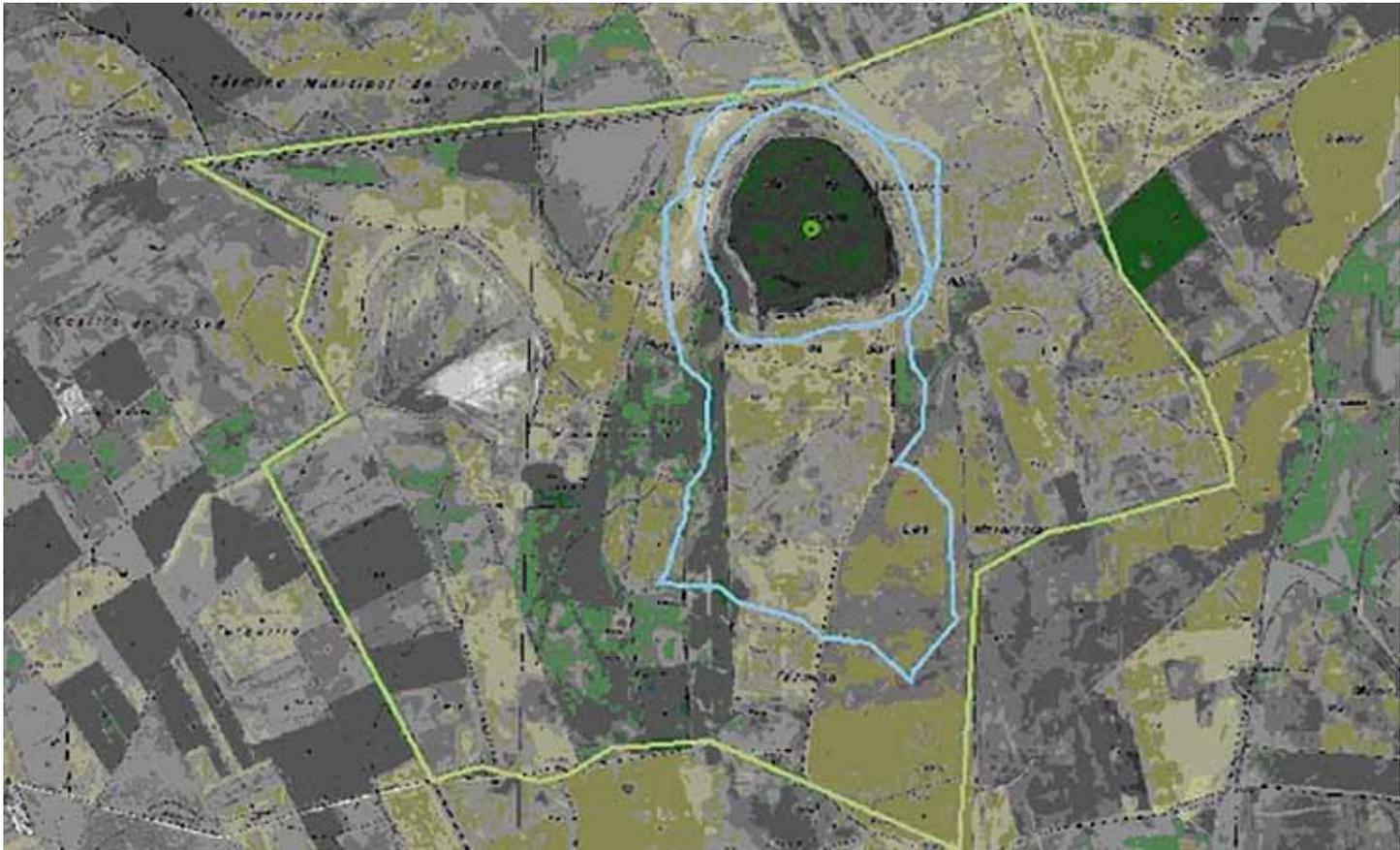
Les photographies aériennes et les images satellites sont les outils les plus utilisés pour détecter des changements dans l'espace des zones humides. Les images satellites sont utiles pour les grandes surfaces, lorsqu'on ne dispose pas de photographies aériennes et/ou quand une délimitation très précise n'est pas nécessaire. L'utilisation du radar est encore en développement mais, dans un avenir proche, en association avec des capteurs optiques, ils amélioreront les résultats obtenus par satellite (Holmes 1992). Les inventaires existants et les cartes permettent d'identifier les limites de la zone humide et l'évolution suivie au fil du temps, révélant le rapport perte-gain. Lorsque cela est possible, il est recommandé d'organiser les informations à l'aide d'un système d'information géographique, qui est un outil d'analyse d'informations. Cette technique intègre des données spatiales géo-référencées à d'autres ressources, établissant des modèles ou des représentations du monde réel de bases de données numériques. Les modèles de simulation permettent d'analyser des phénomènes liés aux tendances et donc d'établir les différents facteurs d'influence.

Le projet LIFE « Zones humides durables » s'appuie sur des systèmes d'information géographique (SIG) pour mettre en place une gestion intégrée de l'activité agricole. Le projet, dont l'objectif est d'atteindre une plus grande compatibilité entre agriculture et environnement, se développe dans un ensemble de zones humides endoréiques d'importance communautaire de la province de Séville. L'érosion naturelle de leurs bassins versants produit le colmatage de ces zones humides peu profondes, favorisé également par la perte de la couverture végétale et par un travail du sol excessif sur les terres agricoles. L'application des SIG aux zones d'action permettra de classer les connaissances existantes et de caractériser les bassins versants des lagunes, pour ensuite, par le biais d'un outil d'aide à la prise de décisions, identifier les pratiques agricoles qui, de manière durable, entraîneront un moindre impact environnemental. Les informations concernant ce projet peuvent être consultées sur le site internet <http://www.humedales.org>.

Le SIG mis en œuvre présente comme principales fonctionnalités :

- Caractériser territorialement depuis différents points de vue la zone objet du projet ;
- Diagnostiquer la durabilité des différentes pratiques agricoles en fonction de la caractérisation environnementale du territoire ;
- Aider à prendre des décisions sur le type de pratiques agricoles préférables pour la fin du projet ;
- Permettre et faciliter la diffusion future des résultats du projet.

Gestión integrada de la Agricultura en el entorno de Humedales de Importancia Comunitaria (LIFE04 ENV/E/000269)



Exemple d'applications des Système d'Information Géographique (SIG) et Système Virtuel de Décision (SVD). Délimitation du bassin versant (ligne bleue) et de la zone de réserve (ligne verte) de la zone humide Hoya de la Ballestera (Osuna) par l'utilisation de SIG et l'orthophoto numérique. Projet LIFE « Zones humides durables »



Collecte d'échantillons d'eau et de sédiments dans le domaine Las Turquillas (Osuna). Projet LIFE « Zones humides durables »

La rivière Karitsiotis, où ont été réalisées des actions pour améliorer l'habitat de la loutre. Projet LIFE « Mise en œuvre de mesures de gestion dans le lac de Tavropos en Grèce »



Exploitation de produits biologiques

Les zones humides méditerranéennes sont soumises, à des degrés divers, à l'exploitation directe et/ou à la pression touristique. Cette exploitation est considérée non viable lorsqu'elle affecte directement ou indirectement la survie des populations qui sont exploitées et par conséquent l'exploitation elle-même. La pêche, l'aquaculture, la chasse et le tourisme sont les activités qui influent sur les populations biologiques. Les indicateurs les plus importants pour mesurer l'activité de pêche sont : nombre de pêcheurs, d'installations de pêche, élevage piscicoles et zone dédiée à l'aquaculture, types de pratiques employées, longueur des filets et lumière de la maille, calendriers de pêche, mesure directe de la population ou structure de la communauté ...

La chasse est une activité importante pratiquée dans les zones humides méditerranéennes, qui a des impacts directs et indirects sur les populations suite aux tirs, aux dérangements, aux empoisonnements par le plomb et à la gestion de l'activité elle-même. Le nombre de licences, le nombre de chasseurs par jour, les saisons de chasse, le nombre d'individus de chaque espèce chassés, etc. sont quelques-uns des paramètres qui permettent de réaliser une surveillance de cette activité.

Le nombre d'animaux qui intègrent le bétail ainsi que la répartition dans l'espace de celui-ci, permettent de mesurer la pression que le pâturage exerce sur la couverture végétale. L'impact du pâturage peut être évalué à partir des indicateurs suivants (Crawley 1983) : la proportion de terrain vierge, l'abondance des plantes de faible appétence ("peu attrayantes"), l'invasion d'arbustes et l'abondance des espèces fourragères. Le rapport entre l'abondance des espèces annuelles/pérennes et celui de l'abondance entre les légumineuses/dicotylédones constituent d'autres indicateurs.

Enfin, le tourisme et d'autres activités de loisirs représentent différentes menaces (développement des infrastructures, pollution, dégradation de la couverture végétale par le passage continu de personnes, dérangements pour l'avifaune...) qui peuvent mettre en danger la diversité biologique des zones humides méditerranéennes. L'indicateur le plus important de la pression touristique est évidemment le nombre de visiteurs (par jour, mois, année...), et l'activité anthropique développée (par exemple, type d'altération : pêcheurs, bateaux, activités sportives, etc, Tuite et al. 1984, Ahlund & Götmark 1989, Kahlert 1994). L'analyse du comportement de la faune et de la variation du nombre d'individus de certaines espèces (principalement des oiseaux) en fonction de l'affluence de touristes peuvent être employées pour évaluer l'impact du tourisme sur la zone.



Carpobrotus edulis dans une zone de sables à côté d'un phare

Introduction d'espèces exotiques

Les zones humides méditerranéennes sont affectées par l'introduction de différentes espèces exotiques, aussi bien végétales qu'animales. L'introduction d'espèces étrangères peut provoquer le déplacement de la faune ou de la flore indigène ou même provoquer dans les pires cas l'extinction de certaines espèces indigènes. La surveillance de ces espèces doit être effectuée à l'aide d'indicateurs et de techniques spécifiques au groupe (plantes, invertébrés, poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux, mammifères) auquel appartient l'espèce introduite. Les caractéristiques de chacune d'entre elles, par rapport à leur distribution, capacité de propagation, incidence négative sur le milieu, possibilité réelle d'éradication et impact écologique que représente l'effort et les moyens employés pour leur élimination sont variables. Ces techniques peuvent consister en des échantillonnages de la végétation, des recensements d'espèces concurrentes ou d'espèces remplacées...

En Espagne, l'érisma rousse (*Oxyura jamaicensis*), une espèce d'Amérique du Nord, a commencé à se reproduire avec l'érisma à tête blanche (*Oxyura leucocephala*), une espèce autochtone menacée, produisant alors des hybrides. Les spécimens hybrides, du fait de posséder des caractéristiques des deux espèces, provoquaient une perte des caractéristiques de l'érisma à tête blanche. Pour éviter l'extinction de cette dernière en Méditerranée, depuis 2001 a été établi en Espagne un dispositif de surveillance et de contrôle de l'érisma

rousse et des hybrides. Il consiste à réaliser, trois fois par an, une recherche systématique dans les zones humides espagnoles et à éradiquer (à l'aide de fusils de chasse et de tireurs experts) les érisma rousse et les hybrides détectés (Calzada et al. 2003). Cette campagne d'extermination associée à l'application des mesures de conservation et d'un plan de récupération de l'érisma à tête blanche a permis l'augmentation du nombre d'individus de cette espèce. D'un autre côté, le projet LIFE « Plan de conservation de l'érisma à tête blanche dans la région de Valence », a appliqué une série de mesures visant à réduire les menaces qui mettent en danger les populations d'érisma à tête blanche dans la région de Valence. Celles-ci comprennent la réalisation d'un contrôle exhaustif et l'élimination de l'érisma rousse et ses hybrides, ainsi que l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan de récupération de l'espèce qui assure sa viabilité à moyen et long terme.

En ce qui concerne la flore de la Méditerranée, on peut citer comme exemple d'invasion la plus présente celle de l'eucalyptus. Cet arbre d'Australie nécessite une grande quantité d'eau, étant utilisé dans certains cas pour dessécher des zones humides. Dans le Parc Naturel des marais littoraux de l'Odiel en Espagne, une forêt d'eucalyptus est éradiquée en raison de son origine allochtone. Dans le Parc Naturel de Doñana, l'eucalyptus fait l'objet d'une surveillance et d'une élimination périodique, les activités d'éradication consistant à retirer les pieds isolés, les petits peuplements et les grandes surfaces de nouvelles pousses provenant d'anciennes souches ayant été retirées.



Zone dans laquelle le *Carpobrotus* a été éliminé. Projet LIFE « Conservation des habitats littoraux de la province de Cadix »

4.1.5.3 La gestion à moyen et long terme

La gestion à moyen et long terme permet de minimiser l'impact des activités humaines et garantit la pérennité des objectifs atteints et une évolution appropriée du système. Les zones humides sont des systèmes dynamiques qui changent en réponse à l'environnement qui les entoure. Même si le succès de la restauration a été vérifié à travers les indicateurs utilisés, une protection et une surveillance continues seront nécessaires pour maintenir ces résultats. Par exemple, dans la petite lagune Laguneto del Pueblo (Fuente de Piedra, Malaga), une comparaison de l'évolution écologique de la zone humide dans des conditions naturelles et expérimentales a été réalisée. L'expérience a permis de montrer que l'évolution naturelle était différente de celle initialement prévue tout en fournissant les outils pour assurer la conservation. L'expérience est présentée ci-après.

Par le biais des actions de restauration associées au projet LIFE « Restauration des zones humides d'Andalousie », la petite lagune Laguneto del Pueblo, zone humide située en périphérie de la lagune de Fuente de Piedra, est parvenue à accumuler l'eau de manière naturelle. Afin d'évaluer son évolution et de comparer les facteurs internes et externes qui pourraient influencer sur la récupération de cette zone humide, parallèlement à la surveillance « in situ » de la petite lagune, une expérience a été menée en laboratoire. Celle-ci a consisté à transférer des sédiments secs de la zone humide à un aquarium et à suivre leur évolution parallèlement à celle du système aquatique sur le terrain.

Les résultats obtenus ont indiqué que suite à l'inondation de la zone humide se produisait, en laboratoire et sur le terrain, la libération de nutriments depuis les sédiments, processus qui dans la nature est favorisé par l'action de retrait exercé par le vent sur l'interface sédiments-eau. Ce processus d'eutrophisation favorise dans les deux milieux une explosion du phytoplancton, production primaire qui va stimuler un fort développement de zooplancton composé de cladocères et d'anostracés.

Cependant, à partir de l'été et suite à la période sèche, se produit une différenciation entre les deux systèmes (naturel et laboratoire). Dans la zone humide, la baisse des niveaux et l'augmentation de la salinité produit le déclin du zooplancton

d'eaux plus douces. Dans le même temps, se produit un processus de remise en suspension des sédiments provoqué par l'action du vent et l'action biologique (oiseaux aquatiques). Tout cela implique une nouvelle libération de nutriments et une phase d'eaux troubles accompagnée de la production primaire de phytoplancton préalable à l'assèchement. Cependant, dans l'aquarium, la prolifération de zooplancton est suivie d'un éclaircissement marqué des eaux et de la germination de spores de characées (*Chara aspera*, *Chara connivens*), macrophytes aquatiques qui améliorent la qualité des eaux en procédant à l'établissement des sédiments et en augmentant la transparence des eaux. Leur prolifération dans l'aquarium après le déclin du phytoplancton et des algues filamenteuses atteint ses niveaux maximum au cours de l'été, de sorte qu'en septembre ils occupent plus de 70 % du volume des eaux libres de l'aquarium.

Cette différence marquée dans l'évolution écologique des deux systèmes aquatiques, naturel (phase d'eaux troubles) et expérimental (phase d'eaux claires) montre comment les différentes activités des agents climatiques et de la faune sur le terrain peuvent entraîner des changements dans l'évolution attendue des systèmes aquatiques en laboratoire, facteurs écologiques et changements associés qui une fois connus peuvent être résolus grâce à une gestion adéquate et active de la zone humide.

Une gestion efficace implique, en se basant sur l'apprentissage au cours de l'expérience de restauration et l'adaptation des pratiques en fonction des connaissances acquises, de connaître les mesures et actions nécessaires pour rendre le milieu durable. Le maintien des structures pour assurer le bon fonctionnement de celles-ci, le contrôle de la végétation de manière périodique (fauchage, pâturage...), la surveillance saisonnière de paramètres physiques et chimiques appuyée par l'étude des composantes biologiques du système (macrophytes aquatiques, phytoplancton, zooplancton), l'élimination de l'accumulation excessive de sédiments, la lutte contre la pollution (agriculture, déchets urbains, transport et aménagement du territoire), la surveillance des espèces envahissantes, la surveillance systématique ou la réponse aux problèmes imprévus sont des actions menées en tant que mesures de gestion. L'objectif de toutes les actions doit être de conserver le bon état de l'écosystème.



La petite lagune Laguneto del Pueblo a été restaurée dans le cadre des actions d'amélioration hydrologique et de récupération d'habitats du projet LIFE « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie »

Les mesures de gestion doivent être orientées vers la réglementation et la surveillance des facteurs qui influent sur la qualité environnementale des zones humides, aussi bien par rapport à l'environnement physique que par rapport à son fonctionnement hydrologique et sa composante biologique.

La gestion à long terme de la zone restaurée permet d'agir au cas où se produiraient des écarts en comparaison avec la progression attendue ou face à des événements imprévus (par exemple, réensemencement de plantules suite à une tempête), qui seraient préjudiciables au milieu. Les mesures de remédiation consistent à mettre en œuvre une action ou un ensemble d'actions visant à corriger une déviation du système par rapport aux objectifs fixés. Avant d'agir, il faut déterminer la source du problème, évaluer les actions de remédiation les plus appropriées et estimer si l'application de ces mesures est strictement nécessaire, étant donné que la dynamique caractéristique de ces systèmes peut inverser naturellement le problème. Parmi les problèmes qui peuvent être rencontrés, les plus courants sont l'établissement inapproprié de l'hydrologie, des élévations inadéquates entre l'eau et le substrat, l'eutrophisation et la prolifération d'espèces non indigènes. Après une étude exhaustive sur les caractéristiques de la zone (en particulier de l'hydrodynamique, la géomorphologie, etc..) et de l'origine du problème, les mesures de remédiation pourraient consister en : la création de canaux ou l'installation de structures pour rediriger le flux de l'eau ; la remise à niveau du sol jusqu'à l'obtention d'une élévation appropriée du substrat ; l'ajout ou la nouvelle conception des structures de contrôle de l'eau ; l'élimination des plantes envahissantes et la plantation d'espèces indigènes.

De nombreux projets de restauration incluent parmi leurs objectifs l'élaboration d'un plan de gestion de la zone. Un plan de gestion fournit un cadre général et une ligne de travail à partir desquels peut être évalué l'état du milieu afin de concevoir et d'exécuter des stratégies pour sa conservation. Le plan doit refléter la situation de l'espace, ses valeurs et la manière dont doit être effectuée la gestion, identifier toutes les personnes ayant des responsabilités dans les différents domaines de la gestion ainsi que les aspects les plus problématiques afin que les gestionnaires y travaillent etc. Dans le projet LIFE mené dans les zones humides du Baix Ter (LIFE99 NAT/E/006386 : Restauration et aménagement des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter), l'élaboration du plan de gestion naît de la nécessité de protéger la zone d'étude du taux élevé de tourisme auquel elle est soumise. Le plan de gestion élaboré décrit et réglemente les accès et, en général, toutes les activités ayant lieu dans la zone du projet ou dans les zones adjacentes et qui, d'une certaine manière, peuvent affecter les écosystèmes faisant l'objet de la restauration. Il comprend également la description de la zone et de ses valeurs écologiques, les stratégies de gestion à appliquer et les propositions de surveillance et de révision.

« Un plan de gestion est un document écrit, discuté et approuvé décrivant un territoire ou un espace et les problèmes et opportunités que présentera une gestion visant à préserver ses valeurs naturelles, la géomorphologie ou les caractéristiques du paysage, de manière à ce que les objectifs sur la base de ces informations puissent être atteints à l'aide d'un travail adéquat pendant une période de temps donnée. » (Eurosité 1999).

Les plans de gestion du projet LIFE BASSES

Le but du projet LIFE Natura « Conservation et gestion des mares temporaires à Minorque », dont l'acronyme est BASSES, est de conserver à long terme les habitats prioritaires : les mares temporaires méditerranéennes présentes sur l'île de Minorque. Pour ce faire, et parmi d'autres actions de gestion et de conservation, un modèle complet de gestion a été défini pour cette typologie d'habitats : les plans de gestion.

Ces plans sont destinés à constituer un élément d'étude et de planification des mares. Avant leur rédaction, il est nécessaire de mener une étude en profondeur des caractéristiques naturelles ainsi que de la flore et la faune et des interactions qui se produisent entre les différents éléments de l'habitat. Il est important de connaître également l'utilisation que l'homme a fait et fait de cet espace, les impacts et les menaces qu'il subit, et les moyens qui peuvent rendre possible l'utilisation optimale de celui-ci et par conséquent garantir sa conservation.

La réalisation des plans de gestion, élaborés par une équipe multidisciplinaire de chercheurs, suit comme base le guide des plans de gestion d'Eurosité. Le réseau Eurosité est connu pour sa manière pratique de centrer et résoudre les problèmes rencontrés par les actuels gestionnaires d'espaces naturels. Il s'agit d'une organisation européenne qui regroupe des gestionnaires de zones naturelles protégées, certaines appartenant au réseau NATURA 2000. La diffusion des informations est un de ses principaux objectifs car elle permet de rendre la conservation réalisable, et le guide Eurosité des plans de gestion est l'un des plus utilisés en Europe. Le format Eurosité de plans de gestion présente la structure et le contenu suivants :

1. **Résumé général.** Il s'agit d'un résumé d'une page, écrit une fois le plan terminé, et qui doit résumer les aspects les plus importants de celui-ci, tels que : l'importance de l'espace et son état, les objectifs de la gestion et la méthodologie mise en œuvre.
2. **Contexte.** Cette partie du processus regroupe et résume les programmes liés au site, comment et pourquoi il a été choisi, pour quelles raisons il faut le gérer ainsi qu'une description claire et concrète du site.
3. **Évaluation et objectifs.** Une fois le site décrit, il faut évaluer toutes les informations disponibles pour définir les objectifs idéaux pour sa gestion. Ceux-ci entraîneront les objectifs opérationnels.
4. **Mise en œuvre et plan de travail.** La prochaine étape est de décider des actions à réaliser pour atteindre les objectifs. Il s'agit de décrire une ou plusieurs méthodes pour chacun des objectifs opérationnels, accompagnées d'une ou de plusieurs options alternatives pour permettre une certaine flexibilité. Seront également établis une durée prédéterminée pour atteindre les objectifs, les possibilités de succès et d'échecs, ainsi qu'une liste de ressources nécessaires.
5. **Evaluation.** Il est important d'évaluer régulièrement le plan pour savoir si les objectifs sont atteints de manière efficace et satisfaisante.

Pour plus d'informations : <http://www.cime.es/lifebasses/es/index.php>

Le Plan de gestion des lagunes de la Nava et Boada a impliqué la réalisation d'une analyse des ressources naturelles et socio-économiques de la zone suivie d'un diagnostic de son état actuel. Par le biais d'un processus de consultation et de participation mené avec des agents sociaux impliqués, traitant des problèmes, besoins et potentiels de la zone, les objectifs ont été fixés à partir de ceux qui structureraient les lignes directrices du plan de gestion. Le Plan de gestion sera incorporé au Plan d'aménagement des ressources naturelles que les administrations régionales ont convenu d'élaborer pour la ZICO Nava-Campos. Les objectifs fixés dans le Plan ont été développés par des actions concrètes pour la gestion de divers aspects du site : restauration et conservation des conditions naturelles, développement d'un tourisme durable et mise en place d'un système d'exploitation agricole permettant la durabilité des habitats naturels de la région. (Projet LIFE Environnement « Gestion durable de zones humides et de lagunes steppiques »).

La protection juridique de la zone humide permet de limiter le type d'activités qui peuvent être pratiquées dans la zone. Il s'agit d'une autre façon d'en assurer la conservation. L'Andalousie est la région d'Espagne ayant le plus de zones humides protégées, aussi bien en termes de nombre qu'en surface, de sorte qu'il existe des zones humides comprises ou classées Parc National, Parc Naturel, Site Naturel, et Réserve Naturelle et Réserve Naturelle Concertée. L'achat ou la location de terres (par exemple, l'achat de rizières pour restaurer des zones humides et leur incorporation à la ZICO, Parc Naturel et Réserve de chasse de l'Encanyissada, dans le cadre du projet LIFE « Amélioration de la gestion de la ZICO du Delta de l'Ebre »), la création de figures de protection pour ces zones (création d'une Réserve Naturelle pour le complexe lagunaire de Villafáfila dans le projet de récupération des lagunes de Villafáfila) ou l'incorporation dans les limites de zones déjà protégées (par exemple, incorporation des lagunes situées au nord de la lagune Larga, dans la zone proposée comme SIC dans le projet LIFE « Zones humides de Villacañas »), sont des actions menées avant la mise en œuvre de mesures destinées à la restauration.



Mare temporaire sur les sols argileux dans le nord de Minorque. Projet LIFE BASSES

5.1 Cas d'étude

Marais littoraux



Les marais littoraux peuvent recouvrir de vastes étendues de terres basses inondées périodiquement par l'eau de mer ou être contenus dans de petites surfaces entourées de terres plus hautes. Ils peuvent partager des espaces sur les rives des lacs ou des rivières, ou constituer des terrains marécageux d'eau saumâtre, situés près de la côte (habituellement près de l'embouchure d'un fleuve) et qui ne sont pas affectés par les inondations marines. Leur principale caractéristique est d'être inondés par de l'eau fréquemment ou de manière continue. Il existe de nombreux types de marais littoraux : côtiers ou fluviaux-marins d'eaux saumâtres ou fluviaux d'eau douce. Dans beaucoup de cas les marais littoraux intérieurs obtiennent de l'eau douce directement de la pluie, de la fonte des neiges ou de la décharge d'eau souterraine. Les marais littoraux à influence marine, dans leur évolution naturelle, ont tendance à se colmater, jusqu'à devenir indépendants de la marée. Par la suite, le lessivage à l'eau douce provoque la désalinisation, engendrant des marais littoraux d'eau plus ou moins saumâtre, qui présentent un contraste sai-

sonnier très marqué en raison de la fluctuation des précipitations du climat méditerranéen.

Ils comptent parmi les écosystèmes les plus fertiles du monde et on y trouve une grande variété d'organismes adaptés au type d'eau du marais littoral et aux conditions de sol saturé. Les marais littoraux côtiers, du fait de constituer un écosystème frontière entre les milieux continentaux et marins, remplissent une fonction importante comme lieu de frai et d'alevinage de nombreux mollusques, crustacés et poissons et lieu de repos des poissons migrateurs : saumons et anguilles.

En raison de leur proximité avec les zones côtières et les lieux habités, ils ont été utilisés comme sites de stockage de déchets, et ont parfois reçu des déversements provenant d'épisodes polluants. Parmi les problèmes qui touchent les marais littoraux se trouvent notamment

- L'érosion, un nombre important des marges de leurs canaux sont érodées.
- La montée du niveau de la mer dû au réchauffement global de l'atmosphère.
- La transformation et l'exploitation comme marais salants et lieux d'élevage piscicole.
- La pollution d'origine minière, urbaine et industrielle.
- L'introduction d'espèces animales et végétales exotiques envahissantes.
- La construction de grandes infrastructures telles que les digues et les ports.
- L'occupation et la destruction directe pour l'installation de zones industrielles et leurs déchets, noyaux résidentiels et exploitations agraires.



Marais littoraux de la lagune de Venise

Projet LIFE-Nature : « Marais littoraux - Protection et réhabilitation à l'aide de techniques de bio-ingénierie » (LIFE99 NAT/IT/006246)

INTRODUCTION

Exécution : 1999-2002.

Localisation : Italie.

Bénéficiaire : Magistrato alle Acque di Venezia

La lagune de Venise est la plus grande d'Italie et la seule du nord de l'Adriatique qui possède toutes les caractéristiques d'une zone humide saline. Ses habitats les plus caractéristiques sont les bancs de sable, formés par la consolidation des sédiments et de leur végétation, qui présentent une importante diversité biologique.

Ses principaux problèmes résident dans la détérioration progressive de ses paysages et la disparition des bancs de sable. Cette dernière est due aux dépôts insuffisants de sédiments des rivières et à l'érosion naturelle (plus de 60 % de la surface du marais littoral perdus au siècle dernier), et aggravée par le mouvement des bateaux à moteur.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

L'objectif du projet était d'étudier les marais littoraux de la lagune de Venise et d'y appliquer des techniques d'ingénierie écologique en vue de leur protection et leur restauration.

Des matériaux naturels (décrits dans la section « géomorphologie et sols »), ainsi que la plantation d'espèces halophytes recueillies dans des zones de marais littoraux à proximité ont été utilisés pour reconstruire les marges érodées du marais littoral (détériorées par l'érosion) et cultivées en serres.



Salicornia veneta

SURVEILLANCE

Les espèces végétales utilisées sont les suivantes :

Salicornia veneta, elle est importante pour sa capacité à capter les sédiments, bien qu'elle n'offre pas de grande résistance aux vagues produites par les bateaux en raison de ses racines peu profondes.

Spartina maritima, c'est l'espèce halophyte la plus résistante en raison de ses puissants rhizomes, qui s'étendent à travers le sous-sol en créant une grille capable de diminuer ou d'éliminer l'érosion. Elle agit également en diminuant l'énergie cotidiale, une logique de décantation des matériaux opérant comme conséquence de la perte d'énergie du flux. Pour le projet, des plantes de *Spartina* provenant de zones très érodées ont été récupérées. Elles ont été reproduites en serre par la fragmentation des rhizomes et ont finalement été plantées dans des sacs en fibre de coco pour stabiliser les marges érodées dans le marais littoral.

Limonium serotinum, reproduite en serre par la multiplication végétative. Elle a été utilisée pour tester la capacité de coloniser et de restaurer les zones internes du marais littoral. Cependant, son emploi à cette fin s'est avéré inutile car elle n'a pas résisté aux vagues provoquées par les bateaux.

Puccinellia palustris, il s'agit d'une espèce très importante pour permettre la stabilité des zones colonisées au préalable par la *Salicornia*. Elle a été employée dans le projet, après avoir été reproduite sous serre par multiplication végétative, plantée sur de la fibre de coco et a démontré son efficacité à stabiliser la zone moyenne-haute du marais littoral, du fait que ses racines poussent et s'étendent rapidement.

Juncus maritimus, elle forme normalement des pelouses, son inflorescence est très lâche et ses rhizomes ont une forme de peigne ou de râteau. Des touffes de *Juncus maritimus* ont été cueillies dans des zones érodées pour être cultivées et reproduites en serre, mais sans résultats.

Sarcocornia fruticosa, pousse dans la partie haute du marais littoral. Elle a été plantée sur des plaques en fibre de coco pour la reconstruction des zones élevées du marais littoral, mais la croissance a été très lente.

Aster tripolium, pousse dans les sols boueux sur les marges du marais littoral. Les plantations effectuées sur fibre de coco et dans la zone à récupérer ont donné de bons résultats.

Halimione portulacoides, il s'agit d'une plante arbustive aux tiges couchées, dont la hauteur peut atteindre 1,2 m, qui pousse dans des marais salants et dans la zone haute du marais littoral. Dans la serre, elle a été reproduite par multiplication végétative. Sa culture dans des conditions de salinité contrôlée, sur des plaques en fibre, a donné des résultats satisfaisants dans la restauration du marais littoral.

Phragmites australis, elle est très utilisée en ingénierie écologique. C'est une plante d'eau douce, utilisée dans la restauration des zones humides et pour obtenir la stabilité des lits de lacs et rivières. Dans la lagune de Venise, elle présente une adaptation génétique pour résister à l'eau saumâtre. Elle a été localisée à l'embouchure des ruisseaux et des canaux d'eau douce.

Ces actions ont permis de créer les conditions adéquates pour engendrer les processus de sédimentation et de succession écologique végétale nécessaire, pour restaurer les biotopes endommagés du marais littoral. Par la suite, la colonisation du marais littoral par des espèces animales a mis fin au processus de restauration de cette zone humide.

Pour plus d'informations : <http://www.tu-berlin.de/fb7/barene/>



Spartina maritima

Parc de la Maremme

Projet LIFE-Nature « Parc de la Maremme : gestion des habitats palustres et des dunes » (LIFE98 NAT/IT/005117).

INTRODUCTION

Exécution : 1998-2001.

Localisation : Italie.

Bénéficiaire : Ente Parco Regionale della Maremma

Le long de la partie sud de la côte de la Toscane s'étend le Parc Régional de la Maremme. Il est composé d'une mosaïque de zones humides, notamment les zones de marais littoraux qui comprennent des tourbières calcaires présentant des *Cladium mariscus* et des dunes côtières. C'est également un refuge important aussi bien pour les oiseaux que pour d'autres espèces animales.

L'érosion marine causait la perte de zones de genévriers et la disparition des zones humides situées vers l'intérieur des dunes, les transformant en lagunes d'eau saumâtre. D'un autre côté, l'affluence massive de visiteurs causait des dérangements pour l'avifaune et la diminution des espaces adaptés à leur nidification.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Pour pallier la perte de végétation et le recul des dunes, des barrières (180 m) ont été construites à l'aide de matériaux naturels (*Phragmites australis* et châtaigniers) et les dunes ont été renforcées pour les protéger de l'érosion côtière. Une autre barrière (900 mètres) a été restaurée pour limiter l'accès au système dunaire, des panneaux d'information et une surveillance ont été mis en place dans les zones les plus visitées. Des mesures ont été prises pour la conservation de *Limonium etruscum*.

SURVEILLANCE

Le projet a atteint seulement en partie les objectifs fixés au départ, en raison des difficultés imprévues rencontrées au cours de la phase de mise en œuvre. Parmi les objectifs atteints se trouvent : débiter la procédure de classification d'une nouvelle ZICO dans la zone et élaborer des lignes directrices sur la restauration des zones humides, la restauration du système dunaire et la gestion du pâturage.

Concernant la protection de la faune, l'accès a été limité par l'installation de barrières qui ont empêché l'entrée de touristes et de prédateurs (l'augmentation de la population du lynx roux nuisait à la reproduction de l'Édicnème criard, *Burhinus oedinenus*). L'étendue de la zone humide a été agrandie et des plateformes de nidification ont été construites, ce qui a contribué à augmenter le succès de la reproduction des oiseaux. On a également procédé à la plantation de *Cladium mariscus* (50 spécimens en provenance d'un parc situé à proximité).



Édicnème criard (*Burhinus oedinenus*)

Marais littoraux de Rodia

Projet LIFE-Nature « Gestion et conservation intégrée des zones humides d'Amvrakikos », (LIFE99NAT/GR/6475).

INTRODUCTION

Ejecución: 1999-2003.

Localización: Grecia.

Beneficiario: ETANAM - Development Agency for Amvrakikos Gulf S.A.

La marisma de Rodia es la más grande de Grecia, y forma parte de los humedales de Amvrakikos. Un complejo ecosistema formado por los deltas de los ríos Louros y Arachtos; un sistema lagunar; el Golfo de Amvrakikos y la mencionada marisma. Es un ecosistema muy complejo, cuya heterogeneidad determina su elevada biodiversidad.

En los últimos años ha tenido lugar un importante deterioro de la zona como resultado del incremento de la salinidad e insuficiente circulación del agua. Otros factores que han influido son: la caza ilegal, tala de árboles, envenenamiento de fauna para controlar a depredadores y otras perturbaciones humanas como por ejemplo, la accidental o intencionada caza de tortugas (*Caretta caretta*) por parte de pescadores.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

La restauration du marais littoral s'est centrée sur la réduction et le contrôle des roselières pour permettre le rétablissement des prairies humides, l'amélioration de l'habitat de certaines espèces d'oiseaux et de poissons et la sensibilisation auprès de la population et des visiteurs.



Marais littoraux de Rodia



Vannes permettant de réguler les entrées d'eau douce en provenance de la rivière Louros

SURVEILLANCE

*Butor étoilé (Botaurus stellaris)**Scirpus maritimus*

Comme méthode de gestion de la végétation dans la zone recouverte principalement de scirpe maritime (*Scirpus Maritimus*) et de tamaris (*Tamarix sp.*), une expérience de pâturage a été réalisée à l'aide de buffles d'eau. Elle s'est avérée très efficace pour le contrôle des plantes ligneuses, des herbacées héliophytes hautes et pour le maintien, en général, de la végétation typique des prairies humides. Le piétinement et le frottement des animaux sur les arbustes ont empêché le régénération de plantes jeunes, réduisant la couverture de tamaris jusqu'à 70 %. En conséquence, une affluence rapide de poissons et de différentes espèces d'oiseaux aquatiques vers la zone a été observée. Riddell (2000) a conclu que les zones clôturées de pâturage étaient plus favorables à l'alimentation des oiseaux que celles qui n'étaient pas utilisées à cet effet. À la fin du projet, l'agence de développement Amvarakikos (ADA) a poursuivi l'activité de pâturage, rassemblant un troupeau de 25 buffles. La restauration de la qualité de l'eau et des conditions abiotiques a été atteinte par la construction d'un système de canaux et d'écluses (ce système reproduit les fonctions de l'ancienne rivière Louros), qui a permis l'entrée d'eau douce dans les lagunes de Rodia et Tsukalio et dans les marais littoraux. Cette entrée a favorisé le développement de la végétation (propagation d'*Hydrocharis ramna-nasus*) et diminué la salinité. Pour contrôler la qualité de l'eau des stations de mesure des paramètres physico-chimiques ont été installées.

L'amélioration des habitats dans les terres inondées, les prairies humides et les forêts galeries, a permis l'établissement de nouvelles espèces et une augmentation significative de la biodiversité. Le reboisement effectué sur les rives de la rivière Louros et Mavrovouni a atteint une efficacité de 80 %. De plus ont été menés à bien des travaux de gestion, d'irrigation et la création d'une réserve d'eau pour les actions de reboisement.

La conservation et l'augmentation de la population de pélicans (*Pelecanus crispus*) ont été atteintes par la création d'îlots artificiels sur le lac Tsoukalio, qui a représenté une augmentation importante de l'espace disponible pour les pélicans. De plus, un système de surveillance a été mis en place pour empêcher les pratiques illégales et les gênes pour l'avifaune. La sensibilisation des populations a été fondamentale pour réduire ces activités.

La diminution de la mortalité des tortues marines s'est produite suite aux mesures de sensibilisation de la population et par des accords conclus avec les pêcheurs de la région.

Les actions menées ont entraîné une hausse de l'estime de la population locale pour le lieu, ses valeurs et ses avantages économiques potentiels.

Pour plus d'informations : <http://users.hol.gr/~etanam/life/english.htm>

Marais littoraux de l'Odiel

Projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055.

INTRODUCTION

Exécution : 2003-2006.

Localisation : Andalousie, Espagne.

Bénéficiaire : Ministère de l'environnement du Gouvernement régional d'Andalousie.

Les marais littoraux de l'Odiel constituent un important système cotidal situé au sud de la province de Huelva, au niveau des embouchures des rivières Tinto et Odiel. En raison de sa position bio-géographique, il s'agit d'un lieu de passage essentiel des principales voies de migration entre l'Europe et l'Afrique. Il est classé Zone importante pour la conservation des oiseaux, et figure également dans la liste des zones humides d'importance internationale (Convention RAMSAR).

Le **Site Naturel Marais littoraux de l'Odiel**, déclaré d'Intérêt national et Réserve de la biosphère par l'UNESCO, possède une surface d'environ 7200 ha et une grande richesse et variété d'habitats et de paysages. Ceci est lié à ses caractéristiques spécifiques, du fait qu'il se trouve dans une zone d'estuaire comprenant différents stades d'évolution. La végétation caractéristique est composée d'espèces adaptées à la présence de sel dans le milieu et à l'inondation continue à laquelle le marais littoral est soumis.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les problèmes les plus importants de cet espace naturel sont la pollution, aussi bien liée aux déversements urbains qu'agricoles, la déforestation et l'assèchement en vue de son utilisation à des fins d'agriculture et d'élevage. Afin d'améliorer les conditions écologiques de cet espace, différentes actions ont été réalisées, consistant en la restauration fonctionnelle du marais littoral, la création d'une lagune d'eau douce, la remise en végétation de la zone, la construction d'un sentier et l'installation d'un observatoire.

Vue aérienne des marais littoraux de l'Odiel (marais salants de l'Astur)





Colonie de spatule et de héron cendré, île d'Enmedio



Lagune littorale



Île de la Liebre



Balbuzard pêcheur

SURVEILLANCE

Afin d'améliorer la qualité de l'eau, en partie appauvrie par les déversements en provenance de la station d'épuration de Punta Umbría, cette dernière a été dotée d'épuration tertiaire et ainsi agrandie. Les eaux en provenance de celle-ci ont été utilisées pour créer une lagune d'eau douce qui agit en réduisant les déversements en provenance de la station d'épuration et en régulant l'entrée d'eau directement dans le marais littoral. La construction de cette zone humide artificielle a été obtenue par l'élévation d'un mur sur le périmètre et l'installation de vannes. Par la suite, la remise en végétation de la zone a débuté. La création de cette nouvelle zone humide a permis de diversifier les habitats, l'eau douce cessant d'être un facteur limitant pour beaucoup d'espèces de la zone.

Pour restaurer la fonctionnalité des marais littoraux de l'Astur, asséchés au début du siècle à des fins agricoles, les infrastructures existantes qui empêchaient la circulation d'eau originelle ont été éliminées et les anciens chenaux ont été rétablis. D'un autre côté, des travaux de remise en végétation ont été débutés sur les bords du marais littoral où la végétation se trouvait très détériorée.

Enfin, pour promouvoir une meilleure connaissance du fonctionnement naturel du marais littoral, les conditions de visite et d'observation du SIC/ZICO des Marais littoraux de l'Odiel ont été améliorées, par l'aménagement d'infrastructures d'usage public permettant un accès contrôlé des visiteurs. Ceux-ci ont consisté en l'adaptation d'un sentier en tirant profit des murs de terre existants et la construction d'un observatoire à usage public.

Outre ces actions, une campagne de sensibilisation a été élaborée pour faire connaître la variété des zones humides d'Andalousie, leurs valeurs écologiques, socio-économiques, historiques et culturelles, ainsi que la nécessité de leur conservation et restauration. Cette action a été réalisée dans les trois zones humides où ce projet Life a été développé : Fuente de Piedra, marais littoraux de l'Odiel et lagunes du sud de Cordoue.

Pour plus d'informations : www.cma.junta-andalucia.es



Île de la Liebre

Marais littoral halophile de La Pletera

Projet LIFE-Nature « Restauration et aménagement des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter », LIFE99 NAT/E/006386.

INTRODUCTION

Exécution : 1999-2003.

Localisation : Espagne.

Bénéficiaire : Mairie de Torroella de Montgrí

Ce projet LIFE a pour objectif la récupération et la conservation des systèmes côtiers du Baix Ter. Les actions sont centrées sur la lagune du Ter Vell (lagune côtière d'eau douce) et le marais littoral halophile de la Pletera. Les deux écosystèmes font partie de l'Espace d'intérêt naturel « Aiguamolls del Baix Empordà » et ils ont été proposés comme SIC (site d'intérêt communautaire) au sein du réseau « natura 2000 ».

Le marais littoral halophile de La Pletera constitue une série d'écosystèmes littoraux, répartis le long de la frange côtière située au nord de l'embouchure du fleuve Ter. Il présente des systèmes dunaires, des marais littoraux et des lagunes saumâtres.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Parmi les nombreuses espèces animales et végétales qui peuplent la zone, La Pletera possède notamment l'une des dernières populations du littoral catalan d'aphanias d'Espagne (*Aphanius iberus*), espèce endémique de la péninsule ibérique menacée d'extinction et incluse dans l'annexe II de la Directive européenne sur les habitats naturels.

Dans les années 1980, un plan partiel du développement urbain, qui n'a pas été terminé, a provoqué la disparition progressive des différentes lagunes et zones humides. Au début du projet il restait seulement deux lagunes permanentes, le bassin de Pi et la lagune du Fra Ramon. De plus, la canalisation du tronçon final du Ter a modifié le régime hydrologique du marais littoral et engendré d'importants changements dans la répartition des substances des grèves de la zone, ce qui a changé la ligne de côte.

Les actions proposées à La Pletera sont centrées sur la restauration de la population d'aphanias d'Espagne. Cette population est menacée par le haut degré d'isolement de l'unique lagune dans laquelle elle se trouve : la lagune du Fra Ramón.

Lagune où a été réintroduit l'aphanias d'Espagne



SURVEILLANCE

Pour améliorer la situation de l'aphanius d'Espagne (*Aphanius iberus*), un complexe de nouvelles lagunes a été créé dans la zone de la Pletera présentant un régime hydrologique similaire à celui de Fra Ramon. Les interventions ont été effectuées dans les zones où la végétation de marais littoral présentait un faible intérêt botanique ou un faible degré de maturité. Le total de la surface excavée représente 1,54 ha et comprend trois cuvettes connectées. Les trois cuvettes ont été excavées au-dessous du niveau moyen de la mer dans la zone pour assurer l'affleurement de la nappe phréatique et obtenir l'inondation permanente des zones les plus profondes. De cette façon, le lien entre les cuvettes est assuré seulement pendant les périodes de cote maximale de l'eau (temporaires et/ou précipitations), permettant les échanges biologiques entre elles.

Par la suite, les nouvelles lagunes ont été repeuplées avec des aphanius d'Espagne issus de l'élevage en captivité réalisé à partir de spécimens capturés dans le Fra Ramon et avec des spécimens transférés directement depuis cette lagune. Les recensements effectués un an après l'introduction ont montré une bonne adaptation des individus introduits et une évolution réussie de la nouvelle population. L'apparition rapide dans les lagunes d'une dense prairie de ruppie spiralée *Ruppia cirrhossa*, qui constitue un excellent habitat pour cette espèce, a contribué à l'adaptation des poissons, ainsi qu'à la conception appropriée des cuvettes. À la fin du projet, l'espèce se trouvait déjà dans deux refuges de la zone, contre seulement un au départ.

Pour plus d'informations : <http://www.torroella.org/>



Aphanius d'Espagne (*Aphanius iberus*)

Marais littoral d'Entremuros du corridor vert du Guadiamar

Projet « Corridor Vert du Guadiamar », Gouvernement régional d'Andalousie.

INTRODUCTION

Exécution : depuis 1999.

Localisation : Espagne.

À la suite du déversement minier d'Aznalcóllar, les projets de restauration de Doñana 2005 et du corridor vert du Guadiamar ont vu le jour. Les deux programmes de restauration sont complémentaires et représentent le plus grand projet européen de restauration écologique, mais aussi un exemple clair de comment agir ensemble face à une situation d'extrême adversité. Engagés respectivement par l'administration générale de l'État et le gouvernement régional d'Andalousie, ils ont été lancés en 1999, avec pour principal objectif la réparation des dommages causés par les déversements toxiques de l'accident d'Aznalcóllar et l'amélioration des conditions écologiques dans la région de Doñana.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Depuis février 2005, les comités scientifiques des deux projets se sont unis pour former une seule commission scientifique, rattachée à l'Agence de l'eau d'Andalousie du ministère régional de l'environnement. L'objet de cette commission est de conseiller et d'évaluer le projet de manière continue, en apportant des idées et en proposant des solutions.

Les activités de restauration comprises dans le projet du corridor vert du Guadiamar couvrent les zones de la plaine alluviale et des marais littoraux touchés par le déversement minier (près de 5 000 ha). Avant le début des travaux de restauration a été mis en place un processus intense d'information adressé à la population locale, pour communiquer les objectifs et les procédures, ainsi que des programmes de participation active et directe aux travaux de restauration.

Dans un premier temps, la délimitation précise des terrains du corridor vert s'est avérée nécessaire (elle a été facilitée par l'utilisation de technologies avancées : systèmes d'information géographique, GPS, images aériennes et satellites, etc.), ainsi que l'installation de clôtures pour permettre la séparation avec les terrains agricoles privés. De cette manière, les nouvelles plantations étaient protégées de l'éventuelle entrée de bétail des exploitations voisines et de l'exploitation non autorisée, comme l'ensemencement, le braconnage ou la collecte de produits de la zone touchée par le déversement. Le passage de la faune sauvage était également facilité.



Marais littoral Gallega

SURVEILLANCE



Héron bihoreau

Les interventions ont consisté en l'élimination des impacts qui détournent le système de son fonctionnement naturel (cana-lisations, chemins, drainages, etc.) et en la reconstruction de la microstructure de chenaux, buttes, bancs latéraux, barres etc., qui avait été détruits, tout d'abord, par les transformations agrico-les et, ensuite, par les travaux de nettoyage suite au déversement minier.

La restauration du système hydrologique a essentiellement consisté en la récupération d'anciens canaux, le remplissage des anciens canaux d'irrigation et de drainage des anciens plans d'eau de riz, l'élimination de systèmes de pompage et des travaux de détournement des eaux pour l'irrigation et la perméa-bilisation de deux gués existants.

La récupération de la morphologie d'origine du sol a été obtenue par la cartographie des unités hydrogéomorphologiques et des zones d'action existant en 1956. La différenciation géomor-phologique et topographique s'est avérée essentielle dans le fonctionnement des systèmes des marais littoraux, où des déni-velés de moins d'un mètre peuvent représenter d'importantes différences fonctionnelles et écologiques.

En ce qui concerne la restauration de la végétation, on a choisi de faciliter la recolonisation naturelle de la végétation palustre, favorisée par des plantations de petites parcelles de plantes de marais salants caractéristiques de la zone afin qu'elles fonction-ment comme des zones de dispersion.

Les travaux de restauration ont permis aux marais littoraux d'Entremuros de récupérer leur fonctionnalité et la diversité des habitats dont ils bénéficiaient dans les années 1950. La phase actuelle correspond à un processus de restauration passive, ce qui implique un programme de surveillance adapté.

Pour plus d'informations : www.cma.junta-andalucia.es



Marais littoraux de Doñana

« Doñana 2005. Restauration hydro-écologique des bassins versants et des cours d'eau coulant en direction des marais littoraux du Parc National de Doñana »

Exécution : 1998-2005.

Localisation : Espagne.

Le Parc National de Doñana, situé entre les provinces de Huelva, Cadix et Séville, est considéré comme la plus grande réserve écologique d'Europe. Elle est formée par une immense mosaïque de différents écosystèmes tels que des pinèdes, marais littoraux, chenaux et ruisseaux... et peuplée par une grande diversité d'espèces animales et végétales.

« Doñana 2005 », est un projet de réhabilitation fonctionnelle qui vise à récupérer le fonctionnement hydrologique du marais littoral de Doñana, par le biais de la récupération des eaux de la rivière Guadiamar en tant qu'apport en eau indispensable durant les périodes sèches, à travers des techniques d'ingénierie hydraulique et forestière.

Les objectifs du projet consistent à récupérer les apports hydriques tout en assurant leur qualité et leur quantité, limiter la dégradation et éviter que le marais littoral soit affecté par des eaux polluées, maintenir la perméabilité entre le marais littoral et l'estuaire du Guadalquivir, établir un système de surveillance et d'évaluation et promouvoir la recherche et la diffusion d'informations.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les actions pour obtenir la régénération hydro-écologique et bassins versants des cours d'eau coulant en direction des marais littoraux du parc national ont consisté en la restauration

INTRODUCTION

d'anciens ruisseaux, l'installation d'éléments de filtrage, de dépollution et d'intercepteurs de sédiments, l'élimination de canaux artificiels, la construction d'une station d'épuration, la restauration et la récupération environnementale du lit et du domaine public hydraulique de la rivière Guadiamar.



Entrée du ruisseau del Partido dans le marais littoral

SURVEILLANCE

Plus précisément, le projet comprend 11 interventions, décrites ci-après :

Restauration des ruisseaux de Soto Chico et de Soto Grande et du ruisseau de la lagune de los Reyes.

Les principaux problèmes qui affectent cette zone sont l'altération du régime hydrologique par le réseau de drainage artificiel, la sédimentation de sables dans le marais littoral, la pollution agricole des eaux et les impacts sur la faune et le paysage.

Les solutions adoptées ont été : l'élimination du réseau de drainage artificiel, la construction de lagunes de décantation, régulation et épuration, la construction d'intercepteurs de sédiments et la restauration environnementale complète. Ces mesures ont permis la restauration complète des ruisseaux de Soto Grande et Soto Chico et du ruisseau de la lagune de los Reyes, ainsi que de l'ensemble du secteur est du domaine de los Mimbres, aussi bien dans les aspects hydrologiques qu'environnementaux et écologiques.

Épuration des eaux usées d'El Rocío.

Le marais littoral du Parc National de Doñana est affecté par le déversement direct des eaux usées non traitées provenant du village d'El Rocío, Almonte (Huelva).

Afin d'améliorer la qualité des eaux apportées au marais littoral et d'éviter la dégradation de l'environnement, une station d'épuration et une zone de filtre vert ont été construites, pour compléter le traitement de l'eau et récupérer la zone du point de vue environnemental. Après l'achèvement des travaux, des activités d'adaptation du paysage ont été mises en place, par des plantations de différentes espèces.

Avec les travaux, la qualité de l'eau des effluents de la station d'épuration a été améliorée. C'est un fait qui a été ratifié par la présence d'alevins de poissons à moins d'un mètre de l'affluent.

Restauration du ruisseau del Partido.

La sédimentation des sables dans le marais littoral et les alentours ainsi que les inondations dans des zones à proximité d'El Rocío sont les causes des effets négatifs subis par la faune, la végétation et la qualité de l'eau du marais littoral.

Afin de contrôler les processus d'érosion, de transport et de sédimentation dans le bassin du ruisseau del Partido, de freiner l'avancée du cône de déjection sur le marais littoral et d'éviter les risques d'inondation dans les zones habitées, les actions suivantes ont été effectuées : récupération de la semi-plaine d'inondation gauche du ruisseau del Partido et ses traditionnels trop-pleins, restauration hydrologique et environnementale du lit du ruisseau en amont de cette plaine comprenant les lagunes de sédimentation, restauration hydrologique forestière et pratiques de conservation des sols dans l'ensemble du bassin versant.

Restauration du marais littoral Gallega.

Ce secteur du marais littoral est gravement transformé par un réseau artificiel de drainage, même s'il n'a pas été mis en culture. Il est aussi isolé du marais littoral du parc national par un mur de la FAO, qui empêche la continuité hydrologique entre les deux secteurs du marais littoral.

Pour éviter cette séparation, les canaux ont été éliminés par le remplissage et le compactage et une restauration topographique du secteur du marais littoral a été effectuée, le profil du chenal Guadiamar a été restauré par un remplissage partiel du canal existant et le mur de la FAO a été perméabilisé par des batteries de tuyaux au niveau des intersections avec les chenaux adjacents. Les travaux de perméabilisation ont fonctionné de manière adéquate, permettant ainsi la communication du marais littoral des deux côtés du mur de la FAO.



Zone de la Vera avec les volières en arrière-plan

L'extraction des terres nécessaires à la récupération du chenal de la Guadiamar a été réalisée par le biais de la création de cuvettes naturelles, afin de favoriser le processus de rétablissement de la végétation et l'établissement d'espèces présentant un grand intérêt écologique pour la création de nouveaux habitats. La restauration écologique et du paysage de la zone a été réalisée à travers l'aménagement du terrain, l'amélioration des sols, des ensemencements, des plantations, l'élimination de clôtures, la réparation de murs de défense et des chemins du périmètre.

Outre les actions décrites, des études parallèles ont été menées pour la surveillance et l'évaluation du processus.

Récupération du chenal Guadiamar.

Cette action va permettre de récupérer une importante entrée d'eaux de surface, qui pendant de nombreuses années se sont jetées directement dans la zone d'Entremuros. La faible qualité de l'eau de la rivière Guadiamar et du ruisseau de la Cigüeña, qui présente une charge organique très élevée (provenant de l'industrie des olives), constitue le principal problème qui affecte cette zone.

Les solutions adoptées lors des actions précédentes et celles commentées ci-après contribuent à récupérer le régime des apports hydriques du chenal Guadiamar au marais littoral du parc national et à améliorer la qualité de ses eaux.

Récupération du chenal Travieso.

Cette action vise à restaurer la fonctionnalité du chenal Travieso et à récupérer près de 2600 ha de terrains agricoles pour les transformer à nouveau en marais littoral, permettant d'augmenter de manière significative la surface actuelle de celui-ci, et par conséquent celle des habitats aquatiques et la capacité d'accueil pour les oiseaux.

Les actions réalisées comprennent l'élimination de canaux de drainage et de murs du périmètre, la récupération du profil d'origine du marais littoral et la restauration environnementale complète, l'élimination du canal d'eaux minimes d'Entremuros et la transformation du Nuevo Travieso en une cuvette et finalement, l'adaptation pour l'usage public et l'éducation à l'environnement de la zone restituée.

Récupération du Brazo de la Torre.

Les principaux problèmes qui affectent cette zone résident dans la perte de la fonctionnalité fluviale et cotidiale du Brazo de la Torre, la perte des apports en eau saumâtre au marais littoral et le colmatage du bras, ainsi que la dégradation de l'environnement de la zone qui en résulte.

Les solutions adoptées ont consisté en : la perméabilisation du mur gauche d'Entremuros pour permettre l'entrée dans le bras des débits minimums et le passage des flux cotidiaux, l'établissement d'une section de contrôle qui limite l'entrée des débits en crues et régule la distribution entre le bras et le chenal Travieso, la construction de protections latérales pour protéger les cultures adjacentes des inondations, le dragage partiel du bras pour permettre la montée des marées, fournir des terres pour les digues latérales et rétablir les services affectés (canaux, accès).

Contrôle et perméabilisation du marais littoral face à la rivière, au Brazo de la Torre et à Entremuros.

La problématique de cette zone réside d'une part dans le risque d'intrusion dans le marais littoral d'eaux polluées et chargées de sédiments, et d'autre part dans l'altération du fonctionnement hydrologique et dans la perte des apports hydriques.

Carex sp.



Carex sp.

Cette action, conséquence de l'accident d'Aznalcóllar, a servi à protéger une partie du marais littoral de l'intrusion des eaux acides présentes dans les déversements toxiques. La construction du barrage a rempli sa mission, puisque le déversement est resté en dehors des limites du parc national.

Pour éviter l'entrée d'eaux polluées ou à forte charge en sédiments, les digues existantes ont été prolongées et reconstruites et il a été procédé à l'installation et le remplacement de vannes. La restauration de la situation hydrique et environnementale d'origine, effectuée durant la deuxième étape, consiste à retirer le mur, complétant ainsi la perméabilisation naturelle du marais littoral aux crues de la Guadiamar.

Cette action a permis d'éviter un colmatage accéléré du marais littoral du Parc National de Doñana par les eaux chargées en sédiments en provenance des crues de la Guadiamar. D'autres projets de restauration effectués dans le bassin de la rivière Guadiamar, comme celui du corridor vert, ont renforcé les mécanismes de contrôle et de suivi systématique des paramètres de qualité des eaux et des sols affectés.

SURVEILLANCE

Surveillance et évaluation

Cette action envisage l'élaboration d'un plan de surveillance de chaque intervention et de ses effets sur le milieu, dans le but de pouvoir déterminer les réussites et les erreurs des actions, et afin d'introduire les corrections nécessaires à temps.

Les objectifs du plan de surveillance sont les suivants :

- Etablir un système automatisé de surveillance en temps réel de paramètres hydrologiques.
- Concevoir et exécuter un programme de surveillance de l'exécution des différentes actions du projet Doñana 2005, comprenant une analyse des coûts/bénéfices qui permette d'assurer l'efficacité des solutions adoptées.
- Concevoir et mettre en place un plan intégré d'évaluation environnementale et sociale qui permette d'établir les effets des différentes actions.

Recherche

Il s'agit de recueillir des projets de recherche associés à la restauration écologique des marais littoraux du parc national, en particulier sur la réponse de la végétation, la faune et les processus naturels. L'objectif de cette action est de permettre que les interventions du projet Doñana 2005 contribuent à améliorer les connaissances scientifiques du parc national et à rendre possible une évaluation scientifique de tout le plan.

Diffusion

Depuis la mise en marche de Doñana 2005, un grand travail de diffusion autour du projet et ses interventions a été réalisé par l'édition de publications (revue Doñana 2005 et autres), CD rom, réunion d'experts, salons internationaux et nationaux spécialisés dans la restauration écologique ainsi que des programmes de diffusion au niveau local adressés à une population qui n'est pas nécessairement spécialisée dans le domaine, et aux plus jeunes.

Pour plus d'informations : www.mma.es/



Arthrocnemum glaucum

5.1 Cas d'étude

Lagunes côtières



Les lagunes côtières sont des écosystèmes d'eau saumâtre séparés de l'environnement marin par une barrière de sable, qui à une époque ont isolé une portion de mer du domaine terrestre. La salinité de ces lagunes est variable. Elle dépend de leur degré de communication avec la mer, des apports des fleuves et rivières ainsi que de la magnitude des aquifères liés à la lagune.

Cette variabilité dans la salinité joue un rôle fondamental dans le type de communautés végétales qui colonise chaque lagune. Par exemple, dans des eaux peu saumâtres on trouvera des communautés de la classe *Potametea* et quelques associations de la classe *Charetea*, et dans des eaux au contenu en sels marins élevés la classe *Ruppiaetea maritima*, quelques associations halophiles de la classe *Charetea* et aussi, ponctuellement, de la classe *Zoosteretea*. Les hydrophytes constituent de plus un refuge et une source d'alimentation pour d'importantes populations d'oiseaux et de mammifères, de poissons et de crustacés présentant un intérêt commercial, qui habitent dans les lagunes. Il s'agit d'un des écosystèmes les plus productifs de la nature.

Les principaux impacts associés à ces systèmes sont les suivants : altération du régime hydrique, résidus solides, pression liée aux loisirs, ensembles urbains, cultures et drainage. Dans les zones humides littorales associées aux systèmes de drainage, des aspects liés à l'altération du régime hydrologique et à la perte de la qualité de l'eau prennent une plus grande importance, du fait qu'ils gardent les résidus produits en amont, et de la répercussion directe des régulations hydriques.

Les changements naturels (inondations, intrusions marines, colmatages etc.) caractéristiques de ces systèmes doivent être parfaitement compris avant d'entreprendre tout projet de restauration.



Lagune de Ter Vell

Projet LIFE-Nature « Restauration et aménagement des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter », LIFE99 NAT/E/006386.

INTRODUCTION

Exécution : 1999-2003.
 Localisation : Espagne.
 Bénéficiaire : Mairie de Torroella de Montgrí

Ce projet LIFE a pour objectif la récupération et la conservation des systèmes côtiers du Baix Ter. Ses actions sont centrées sur la lagune du Ter Vell (lagune côtière d'eau douce) et le marais littoral halophile de La Pletera. Les deux écosystèmes font partie de l'Espace d'Intérêt Naturel « Aiguamolls del Baix Empordà » et ont été proposés comme SIC (Site d'Intérêt Communautaire) au sein du réseau « Natura 2000 ».

Ter Vell est un espace formé par un ensemble de zones humides et de lagunes d'eau douce alimentées par l'excès d'eau de l'irrigation de la plaine agricole adjacente et par les eaux des précipitations. Il constitue un habitat naturel doté d'une grande diversité d'oiseaux, de poissons et d'invertébrés aquatiques et dont la végétation contient des roseaux, des massettes et des joncs, auxquels s'ajoutent des fragments de végétation halophile et des peuplements de tamarins.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Le développement agricole et touristique de la zone a provoqué un haut degré d'eutrophie, ainsi que le colmatage du système en raison des apports de sédiments et de nutriments provenant des excédents d'irrigation et du versement d'eaux usées. A cette situation vient s'ajouter la réduction de surface d'eau libre par la propagation de la végétation halophytique (roseau) et le fait que le régime hydrique des lagunes ait été inversé : les sécheresses estivales propres aux zones humides méditerranéennes ont laissé place à des inondations pendant l'été en raison des apports agricoles.

Pour diminuer le degré d'eutrophie, un système artificiel de zones humides permettant d'épurer l'eau douce et d'éliminer la matière organique accumulée dans le système a été construit. Les zones humides artificielles construites ont la capacité de réduire 95 % des solides en suspension et 65 % de la charge en azote et en phosphore qui arrive à la lagune. De plus elles agissent comme zone d'amortissement qui ralentit la fluctuation élevée du niveau de l'eau.

Le régime hydrique de Ter Vell a changé du fait que l'excédent d'eau provenant de l'irrigation par le canal ait cessé de circuler. Les entrées superficielles d'eau proviennent principalement des précipitations et/ou de l'intrusion marine. Une augmentation de la salinité a été observée dans les zones les plus proches de la mer. Ce changement dans le régime hydrique semble avoir été favorable aux communautés de poissons.



Zones humides d'épuration

SURVEILLANCE



Lagune de Ter Vell

Avec le dragage des zones où s'était accumulée en excès la matière organique, on a réussi à augmenter la superficie d'eau libre, ce qui a favorisé l'augmentation de la présence d'oiseaux. La superficie draguée, 2174 m², correspondait aux secteurs où la végétation présentait un moindre intérêt et un moins bon état de conservation. De cette façon, on a évité de fragmenter de manière excessive la surface occupée par les roseaux, et donc de porter atteinte à la faune associée.

Dans les zones où le dragage aurait entraîné une forte altération du milieu, on a opté pour le retrait des boues de la couche la plus superficielle. Ceci a été réalisé par aspiration et au niveau des points où l'accumulation de boue avait formé des couches de 60 cm d'épaisseur au-dessus du substrat sablonneux d'origine.

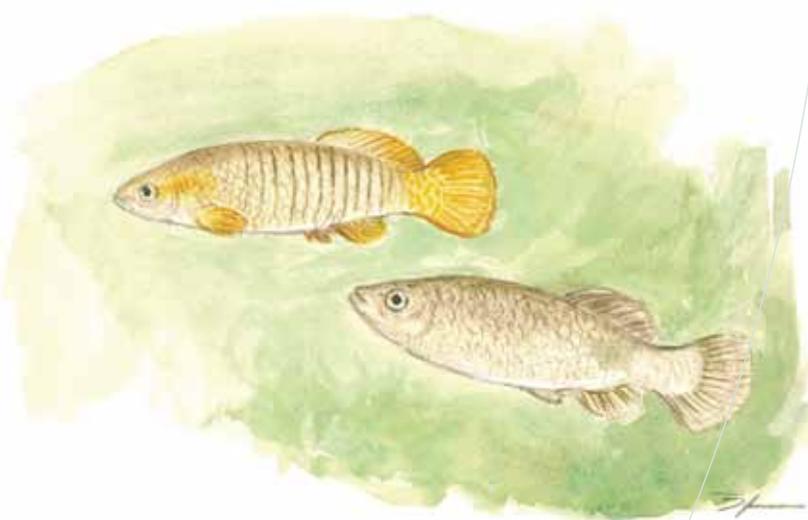
Une fois les actions de dragage, d'agrandissement des lagunes et de construction du système des zones humides d'épuration terminées, seule la présence spontanée de *Polygonum amphibium* et de quelques charophytes dans les canaux du système des zones humides d'épuration a été détectée. Pour cela, on a décidé de réintroduire de manière artificielle quelques autres espèces dans certains points de Ter Vell et du système des zones humides afin qu'elles agissent comme zones de propagation. La réintroduction d'hydrophiles a été effectuée à partir de fragments végétatifs obtenus dans des zones à proximité de l'Empordà transportés et directement déposés dans les points de réintroduction.

Les espèces *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum* et *Potamogeton pectinatus* ont été choisies car ce sont des hydrophytes subaquatiques pérennes qui en principe auraient pu connaître plus de difficultés pour la colonisation spontanée. Les formations dunaires ont vu leur extension diminuer, en raison de la destruction directe de la part de l'Homme ou de changement de la ligne côtière. Pour régénérer le système dunaire, des barrières fabriquées à l'aide de lattes de roseaux d'un mètre de hauteur ont été installées. Elles ont été disposées en cellules carrées et parallèlement à la ligne de plage, pour faciliter la rétention de sable. La restauration de la couverture végétale des dunes a eu lieu en grande partie par la colonisation spontanée. Dans les zones où l'on prévoyait une colonisation spontanée difficile, des espèces psammophiles provenant de pépinières et obtenues à partir de substances en provenance de la zone ont été plantées.

Une fois les actions du projet achevées, une cartographie végétale a été effectuée dans les zones afin d'actualiser la carte de végétation, et obtenir un document de départ pour les futures évaluations de l'état de la végétation dans ces enclaves. Un suivi de l'avifaune a également été réalisé afin de confirmer l'importance des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter pour les oiseaux, offrir un programme de surveillance pour la gestion future de l'espace et évaluer l'effet des interventions du projet. Dans ce but, avant et après les actions d'amélioration, on a effectué : une carte de territoires pour les oiseaux reproducteurs, la pose de bagues sur les oiseaux migrateurs et un itinéraire de recensement, qui couvre tout le cycle annuel.

Pour plus d'informations : <http://www.torroella.org>

Samaruc (Valencia de Borseller)



Samaruc

Lagune de Pylos

Projet LIFE-Nature « Exécution d'un plan de gestion pour la lagune de Pylos et le delta de l'Evrotas, Espaces de Natura 2000 en Grèce » (LIFE97 NAT/GR/004247).

Exécution : 1997-2000.

Localisation : Grèce.

Bénéficiaire : Hellenic Ornithological Society

La lagune de Pylos est située dans une vaste zone humide de 250 ha, dans un milieu de marais littoraux halophiles et de roselières, séparée de la baie d'Ambarino par une étroite ceinture de dunes de sable. Elle possède une importante avifaune, et constitue également l'un des rares habitats disponibles en Grèce pour les tortues caouannes (*Caretta caretta*) et l'espèce de caméléons (*Chamaeleo africanus*).

INTRODUCTION

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

La déviation de deux ruisseaux apportant de l'eau douce au lac et la construction d'une connexion permanente avec la mer avaient provoqué une importante augmentation de la salinité (représentant parfois le double de celle de la mer), une baisse du niveau d'oxygène et de fréquentes crises dystrophiques. De plus, la zone a subi une importante pression touristique et la présence d'un important port de réapprovisionnement de pétroliers à seulement 5 km représentait une source de pollution constante.

La restauration de l'habitat aquatique de la lagune, la prévention des effets nocifs engendrés par le déversement d'huiles, la restauration de l'écosystème dunaire et la conservation de la population de *Caretta caretta* constituaient les objectifs de base du projet.

Le rétablissement de la qualité de l'eau nécessitait tout d'abord le contrôle de l'augmentation de la salinité qui s'était produite suite à la déviation des deux ruisseaux vers la mer. Il s'est avéré impossible de redonner à ces ruisseaux leur lit d'origine, en raison d'intérêts sociaux et du fait également qu'ils ne pouvaient pas garantir la bonne qualité de l'eau, ayant été affectés par les déversements d'huiles. Par conséquent, on a choisi de construire des vannes pour contrôler les entrées d'eau douce à des points donnés de la lagune. Une station de surveillance de la qualité de l'eau a également été construite. Elle fournissait une évaluation de paramètres aussi bien abiotiques que biotiques du système aquatique. Les données obtenues étaient recueillies à travers un modèle numérique (ERSEM) qui permettait de prévoir la réponse des communautés de benthos face à la diminution de la salinité et d'autres changements possibles générés par le projet. Ce modèle numérique est utilisé comme outil de gestion dans les zones humides côtières. Ces actions ont permis d'améliorer la qualité de l'eau, de diminuer la salinité et d'augmenter la biodiversité de la lagune.

Le système dunaire a été protégé par le contrôle des activités humaines, principalement le tourisme. La création de barrières le long de la route, l'installation de passages et de signaux ainsi que l'adaptation d'infrastructures pour les visiteurs a permis de déplacer les touristes vers des zones moins sensibles.

Afin de garantir la protection d'espèces protégées, comme le caméléon de l'espèce *Chamaeleo africanus* dont l'habitat en Europe se limite à cette lagune, et la tortue caouanne (*Caretta caretta*) qui avec la tortue verte (*Chelonia mydas*) se trouve gravement menacée par la flotte de pêche dans le port de Gytheion, les actions suivantes ont été menées à bien : protection des femelles en gestation et des nids par la surveillance, suivi des femelles, collecte de nids transférés afin d'être hors de portée des prédateurs (exclusivement dans les cas où ils se trouvaient dans des zones très exposées au danger), contrôle des prédateurs. Pour réduire la mortalité causée par la circulation, des limites de vitesse ont été imposées dans la zone et les visiteurs ont été informés de la présence de cette espèce. Avec l'aide de bénévoles, la collecte de spécimens, le camping illégal, le brûlage des buissons, la destruction des nids, etc. ont été évités.

● SURVEILLANCE

Les améliorations de l'habitat ont consisté à restaurer à l'aide de végétation autochtone et à créer des corridors pour protéger et étendre l'habitat disponible des caméléons. De petites dunes ont été construites pour héberger les nids à certains endroits qui garantissaient leur sécurité.

Pour plus d'informations : www.ornithologiki.gr/life/pylos-evrotas

Chamaeleo africanus



● *Chamaeleo africanus*

Lagunes Logarou, Tsoukalio et Rodia

Projet LIFE-Nature « Gestion et conservation intégrée des zones humides d'Amvrakikos ».
Exécution : 1999-2003.

INTRODUCTION

Localisation : Grèce.
 Bénéficiaire : ETANAM - Development Agency for Amvrakikos Gulf S.A.

Les zones humides d'Amvrakikos forment un écosystème complexe qui comprend les deltas des rivières Louros et Arachtos, le marais littoral de Rodia, le golfe d'Amvrakikos et un système lagunaire où les principales lagunes sont Logarou (riche en poissons), Tsoukalio et Rodia (principale source de production d'anguilles de Grèce). Ces lagunes sont un lieu de passage et d'hivernage pour plus de 250 espèces d'oiseaux, dont 75 se trouvent menacées ou en voie d'extinction. La présence de restingas constitue la principale caractéristique des lagunes d'Amvrakikos. Ce sont des formations sableuses qui séparent les lagunes de la mer. Les restingas engendrent des grèves de sable blanc composé de millions de minuscules coquillages, ce qui est peu habituel en Méditerranée.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

L'extraction d'eau douce, les digues et la création de barrières hydroélectriques provoquent des changements dans l'hydrologie de ces lagunes. La zone est affectée par la pollution dérivée de petites industries de produits agricoles et par les eaux usées, qui atteignent la zone par les rivières. L'augmentation de la salinité, l'insuffisante circulation de l'eau des lagunes, la chasse illégale et les autres perturbations liées aux activités humaines constituent d'autres problèmes significatifs. Le projet a pour principaux objectifs la restauration des caractéristiques abiotiques et de la structure des habitats des trois lagunes.

La principale intervention consiste à contrôler et à réguler la qualité de l'eau à travers la construction d'un système d'écluses et de canaux d'irrigation. Ce système de canaux reproduit les fonctions de l'ancien lit de la rivière Louros, qui fournissait de l'eau douce aux lagunes de Rodia et Tsoukalio. Une fois les travaux terminés, l'apport en eau douce a démontré des effets positifs sur les deux lagunes ainsi que sur le marais littoral de Rodia : diminution de la salinité, augmentation des populations de poissons et amélioration de la structure de la végétation (propagation de *Hydrocharis ramna-nasus* et de tourbières calcaires de *Cladium mariscus*).

Même si ces mesures n'ont pas été appliquées dans la lagune de Logarou, le plan de gestion de l'eau réalisé pour ce projet a prévu plusieurs mesures pour garantir l'entrée d'eau douce dans cette lagune. Le plan a compris de plus l'installation de stations automatiques d'échantillonnage afin de réaliser un suivi continu de la qualité de l'eau dans les trois lagunes. Les stations ont été opérationnelles pendant le projet, permettant d'évaluer l'état de la qualité des eaux et de contribuer au processus de prise de décisions sur la gestion de l'eau.



Dans la partie supérieure de la photographie on peut voir deux îlots naturels qui ont subi une érosion. Dans la partie inférieure, trois îlots artificiels



Palissade visant à mettre fin à l'érosion de l'îlot « Imiselinos » du lac Tsoukalio

SURVEILLANCE



Station automatique de prise d'échantillons de paramètres physico-chimiques dans la lagune de Tsoukalio. Elle fournit des informations essentielles pour déterminer la qualité de l'eau des lagunes et de la rivière Louros



Pélican

La réhabilitation de l'habitat a consisté en la gestion de la végétation et la création d'îlots artificiels dans la lagune de Tsoukalio, qui ont rapidement été utilisés par les pélicans bien qu'aucune reproduction n'ait eu lieu. De toutes manières, cette action a doté la zone d'un plus grand espace pour les pélicans, augmentant ainsi les opportunités de reproduction dans la zone. Même si les populations de pélicans subissaient toujours les gênes occasionnées par des visiteurs, la population de reproducteurs à Amvrakikos est passée de 32 couples en 1998 à 92 en 2003.

Enfin, un système de surveillance a été établi afin de protéger les espèces avicoles menacées, contrôler les activités illégales et autres perturbations pour l'avifaune. On a également réalisé de nombreuses activités destinées à sensibiliser les populations sur les valeurs de la zone et ses possibles bénéfices économiques.

Pour plus d'informations :
<http://users.hol.gr/~etanam/life/index.htm>



Cladium mariscus

Lagune de La Encanyssada

Projet LIFE-Nature « Amélioration de la gestion de la ZICO du delta de l'Ebre » (LIFE96 NAT/E/003133).

INTRODUCTION

Exécution : 1997-2000
Localisation : Espagne
Bénéficiaire : SEO/Birdlife

La régénération de la lagune côtière de la Encanyssada est une autre action menée à bien dans le cadre du projet LIFE développé dans le delta de l'Ebre. La lagune de la Encanyssada, d'une surface de 5,5 Km² et d'une profondeur de 80 cm, est la plus grande lagune côtière du delta.



MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Traditionnellement, comme le reste des lagunes côtières de cette zone, elle a reçu de l'eau en provenance des rizières, fortement polluée par des pesticides, herbicides et engrais inorganiques. Ceci a provoqué un important phénomène d'eutrophisation, qui a entraîné la disparition de macrophytes, l'augmentation de la turbidité et la diminution du nombre de poissons et oiseaux.

Dans ce projet diverses actions ont été réalisées dans le but de récupérer la végétation submergée qui servait de nourriture à des oiseaux aquatiques et des poissons. Pour diminuer les apports en azote sous forme d'ammonium, on a procédé à l'assèchement d'une partie de la lagune pendant un an, qui a permis l'aération des sédiments, et à l'entrée d'eau en provenance directe du fleuve Ebre dans la plus grande cuvette.

El clot, une des lagunes de L'Encanyssada



SURVEILLANCE

L'inondation à l'aide d'eau douce a permis la colonisation d'hélophytes (végétation palustre) comme par exemple des *scirpus maritimus*, *typha angustifolia* et des *phragmites australis*, ainsi que de végétation submergée : *najas minor*, *najas marina*, *chara vulgaris*, *zannichellia palustris*. Jusqu'à présent on a observé au total 45 espèces végétales dans la réserve.

Le plan de gestion élaboré propose de maintenir certaines entrées d'eau douce et d'établir un nouveau profilage du terrain, afin d'obtenir une petite lagune littorale entourée de végétation hélophytique.

Actuellement, le recouvrement des macrophytes dans cette lagune atteint pratiquement 100 % ; et les populations de poissons (et notamment l'importante colonisation et reproduction d'aphanius d'Espagne, *Aphanius iberus*) et d'oiseaux aquatiques (38 espèces) ont été récupérées.

En revanche, l'espèce piscicole la plus abondante a été celle de *Gambusia holbrooki*, petit poisson du Mississippi introduit dans les années 40 pour lutter contre les moustiques et qui constitue aujourd'hui une véritable invasion, suivie des *Pomatoschistus microps* et *Cyprinus carpio*.



Panneau d'interprétation



Carex sp

Zone humide de Pujaire-Cabo de Gata

Projet LIFE-Nature « Amélioration de la gestion du SIC et de la ZICO de Cabo de Gata-Nijar » LIFE00 NAT/E/007304.

INTRODUCTION

Exécution : 2001-2005

Localisation : Espagne

Bénéficiaire : Ministère de l'environnement du Gouvernement régional d'Andalousie

Cette zone humide est un complexe de lagunes d'eau douce situées à l'extrémité ouest du Parc Naturel de Cabo de Gata-Nijar. Les marais salants de Cabo de Gata, qui comprennent cette zone humide, appartiennent à la Unión Salinera de España S.A, avec laquelle ont été signés différents accords de collaboration, constituant un exemple de gestion partagée avec l'administration.

Cette zone reste coupée du reste de l'étang littoral-marais salant par la route de Pujaire à San Miguel, ce qui représente la perte de cet habitat rare dans cette zone.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

La principale action visant à récupérer ces lagunes a consisté à les reconnecter avec le reste de l'étang littoral-marais salant par deux interventions : relier les deux côtés de la zone humide par des passages d'eau sous la route et construire une digue de séparation dans les lagunes des marais salants, qui permet d'éviter que l'eau douce porte atteinte à la production de sel. D'autre part, en parvenant à isoler le système artificiel d'eau salée du système naturel d'eau douce, on favorise la présence d'espèces d'oiseaux peu représentés actuellement en raison du manque de milieux d'eau douce.

Pour éviter les effets des prédateurs (sanglier et renard) sur la reproduction et l'installation des oiseaux, tout le périmètre de la zone humide a été clôturé et des vannes anti-prédateurs ont été posées. Les digues ont également été réparées, et la végétation caractéristique de ces zones a été replantée car elle favorise la reproduction des oiseaux.



Sentier aménagé pour les touristes



Panneau d'information et observatoire d'oiseaux



Clôture

SURVEILLANCE



Vue panoramique



Vannes anti-prédateurs



Digue achevée

Afin d'améliorer les conditions de visite et l'observation des marais salants de Cabo de Gata sans provoquer de gênes pour l'avifaune, on a aménagé un sentier piéton et une piste de cyclotourisme, quatre points d'observation et des panneaux d'interprétation le long du circuit expliquant les caractéristiques les plus importantes de l'espace. Pendant le printemps et l'été, la présence d'un gardien s'avère nécessaire en raison de l'affluence des visiteurs et des problèmes qui en découlent.

Pour plus d'informations : www.cma.junta-andalucia.es



Réhabilitation de l'ancienne digue

Stagno di Cagliari

Projet LIFE-Nature « GILIA, hagiotope du haut moyen âge utilisé pour identifier l'ensemble des zones humides du Stagno di Cagliari », LIFE96 NAT/IT/003106.

Exécution : 1997-2002

Localisation : Italie

Bénéficiaire : Comune di Cagliari - Div. Urbanistica

Le Stagno di Cagliari, qui comprend 4000 ha d'eaux ouvertes, constitue la zone humide la plus importante de la région de Sardaigne, en Italie. Il s'agit d'un système complexe composé d'une lagune, des étangs salins de Santa Gilia, de plusieurs ruisseaux de montagne et d'une vaste étendue de prés salés situés le long de la rive nord-ouest de la lagune. Les marais salants de Santa Gilia s'étendent sur 2500 ha.

Avant le début du projet en 1997, cette zone perdait ses valeurs écologiques en raison des déversements industriels et urbains, et de l'intense activité portuaire et commerciale. Cela se manifestait par la perte de la qualité de l'eau, le colmatage de la cuvette, l'accumulation illégale de déchets et la perte des habitats pour les oiseaux.

INTRODUCTION



Etangs salins de Santa Gilia

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les mesures adoptées sont les suivantes : remise à l'état naturel des décharges, élimination des déversements illégaux, fin de l'entrée d'eaux usées urbaines non traitées, début d'un programme de suivi de la dynamique de l'écosystème lagunaire accordant une attention particulière à la qualité de l'eau et aux oiseaux aquatiques vulnérables ou menacés d'extinction comme le flamant rose (*Phoenicopterus ruber*) et la talève sultane, activités visant à impliquer le public en général et les secteurs privés. Le suivi effectué sur les populations de flamants roses a confirmé l'importance de la zone pour les oiseaux.

SURVEILLANCE



Nids de flamants roses dans les marais salants de Santa Gilia

Flamants roses en vol



Parmi les résultats obtenus il convient de souligner la signature d'un accord entre les municipalités affectées, visant la constitution d'un corps de gestion du SIC ainsi que la gestion et la poursuite des actions débutées dans le cadre du projet.

Les résidus accumulés ont été retirés, et par la présence de deux gardiens procédant à des signalements aux autorités le dépôt de déchets illégaux a été abandonné. La collaboration avec le service de soins vétérinaires a permis d'éviter la présence de chiens errants.

Pour contrôler la qualité de l'eau, 8 stations de surveillance déterminant des paramètres physiques et chimiques ont été installées. Des analyses bactériologiques en laboratoire ont également été réalisées, ainsi que sur des nutriments, métaux lourds et pesticides.

Afin d'améliorer l'habitat des oiseaux, on a clôturé la zone, construit un observatoire et installé des panneaux et points d'information. 4 îlots artificiels ont été créés (1912 m²) et 26 îlots existant (2380 m²) ont été restaurés après avoir éliminé des espèces envahissantes de la zone. Tous ont été recouverts de coquillages afin d'imiter les nids créés par les oiseaux.

Enfin, de nombreuses initiatives ont permis de sensibiliser la population à l'environnement, et notamment des annonces publicitaires, des articles de presse, un site Internet, des conférences, la publication d'un journal, un album photos et l'organisation d'excursions régulières pour les établissements scolaires.

Pour plus d'informations : www.gilia.net

5.1 Cas d'étude

Deltas



Les deltas se forment par l'accumulation de sédiments déposés au niveau des embouchures des fleuves ayant été déplacés par le courant. La présence de marais littoraux y est fréquente. Il existe de nombreux deltas sur le littoral méditerranéen, comme le delta de l'Ebre. Ils présentent un état faiblement naturel en raison des transformations agraires. D'autre part, certains des deltas les plus importants de la Méditerranée, comme par exemple le delta de l'Ebre, du Pô ou du Rhône sont en recul, suite à l'altération anthropique de la dynamique sédimentaire. La rétention de sédiments par la construction de barrages et l'empêchement du flux côtier de sédiments par la construction de jetées, ports et autres infrastructures engendrent une modification massive des flux sédimentaires qui interviennent dans l'extension, la forme et l'élévation du delta.

Les principaux problèmes qui touchent les deltas sont : la pollution des eaux comme conséquence des cultures agricoles, l'érosion liée à la construction d'infrastructures hydrauliques qui limitent les apports sédimentaires, les changements dans le régime hydrologique, l'accumulation de résidus transportés par le fleuve, etc. Il faut également souligner l'exploitation intensive d'aquifères côtiers qui génèrent d'importants processus de subsidence.



Delta de l'Ebre

Projet LIFE-Nature « Amélioration de la gestion de la ZICO du delta de l'Ebre » (LIFE96 NAT/E/003133).

INTRODUCTION

Exécution : 1997-2000

Localisation : Espagne

Bénéficiaire : SEO/Birdlife

Le delta de l'Ebre constitue l'habitat aquatique le plus important de la Méditerranée occidentale, après la Camargue (Parc Régional français), et le deuxième d'Espagne, après le Parc National de Doñana. Sur les 33 000 ha qu'occupe la région du delta de l'Ebre, 7736, constitués principalement par des aires naturelles le long de la zone côtière, ont été déclarés Site Ramsar et inclus à la Liste des zones humides d'importance internationale. Cet espace correspond à la surface du Parc Naturel du delta de l'Ebre et à la Zone importante pour la conservation des oiseaux (ZICO) du delta de l'Ebre.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les valeurs écologiques du delta de l'Ebre résident dans la biodiversité élevée et dans le fait d'être un habitat pour des espèces appartenant à la faune aquatique, aussi bien pour la reproduction (il s'agit du lieu de nidification de 95 espèces) que pour l'hivernage et le repos durant la migration. Dans cette zone ont été observées 330 des 600 espèces d'oiseaux existant en Europe.

Les cultures et les zones urbaines occupent 80 % de la surface du delta de l'Ebre. 65 % est destiné à l'agriculture, principalement du riz. Le développement de cette activité entraîne des problèmes pour la conservation des ressources naturelles, en particulier l'eutrophisation, les changements dans le régime hydrologique local et d'autres aspects dérivés de l'impact agricole. La pêche, la chasse, l'aquaculture et le tourisme sont également des secteurs importants du delta, ce dernier ayant connu une forte croissance durant les dernières années, depuis la création du parc naturel.

Le principal objectif du projet est d'améliorer l'état de conservation des rizières, zones humides et lagunes du delta de l'Ebre. Pour cela, des rizières ont été achetées afin de restaurer des zones humides, d'autres ont été louées afin d'expérimenter les alternatives de culture et organiser les activités d'information et de sensibilisation.

Trente-cinq hectares de rizières ont été loués, afin de comparer les paramètres environnementaux dérivés de la pratique de trois méthodes de culture du riz : culture de riz écologique (sans pesticides ni engrais de synthèse), mesures agro-environnementales approuvées par la communauté européenne et culture conventionnelle (champs témoins). Les principales mesures appliquées ont consisté à utiliser des méthodes mécaniques pour contrôler la végétation face à l'utilisation de pesticides, remplacer des pesticides organophosphorés par des pesticides à faible toxicité, employer des phéromones pour combattre une des invasions les plus nuisibles des rizières du delta, le foreur des tiges de riz (*Chilo suppressalis*) et prolonger la période d'inondation jusqu'à l'automne pour favoriser la faune aquatique.

SURVEILLANCE

D'après les résultats obtenus, la culture écologique s'est avérée la meilleure alternative en termes d'environnement, suivi des mesures agro-environnementales et enfin des techniques conventionnelles. Elle s'est également montrée viable du point de vue économique, constituant par conséquent une méthode alternative à consolider et à développer dans le delta. Parmi les aspects négatifs de cette culture se trouve la prolifération démesurée de l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*), au détriment d'autres espèces aquatiques (invertébrés, poissons et amphibiens), mais non des oiseaux, et qui a provoqué une réduction encore plus importante de la grenouille de Pérez. Ceci est dû essentiellement au fait de ne pas employer de pesticides et de remplacer des produits de catégorie toxicologique B par des produits de catégorie 1 dans le contrôle des invasions.

Malgré cela, le projet LIFE s'est avéré être un outil utile pour développer l'application de mesures agro-environnementales dans les rizières du delta de l'Ebre. La réussite de ces mesures se manifeste dans le fait que plus de 90% des agriculteurs du delta emploient une ou plusieurs mesures agro-environnementales et dans des améliorations environnementales comme par exemple l'augmentation du nombre de demoiselles et de libellules.



Riz du delta de l'Ebre



Plantation de riz

Oiseaux survolant une rizière du delta de l'Ebre



Delta de l'Evrotas

Projet LIFE-nature « Mise en œuvre d'un plan de gestion de la lagune de Pylos et du delta de l'Evrotas, sites Natura 2000 en Grèce » (LIFE97 NAT/GR/004247).

Exécution : 1997-2000.

Localisation : Grèce.

Bénéficiaire : Hellenic Ornithological Society

Le delta de la rivière Evrotas, formé à partir de la canalisation de la rivière, se compose d'une vaste plaine d'inondation alluviale. Il existe actuellement des marais littoraux halophytes dans les zones des environs et un petit lac à l'est. Il y a aussi quelques marais littoraux d'eau douce dispersés, des réservoirs d'eau appelés tajamares et des rizières abandonnées. Le long de la grève, il existe le système de dunes le plus étendu du sud du Péloponnèse. Le reste se compose de champs agricoles et de potagers.

Ces dernières années, la région avait subi d'importants changements écologiques découlant d'un grand nombre d'actions de l'Homme, et notamment : la pression touristique et l'accès non contrôlé (en particulier l'accès des véhicules à l'origine d'une forte érosion du système dunaire), la transformation pour l'agriculture (la zone compte actuellement de nombreuses rizières, de potagers et de serres), la pollution et le réapprovisionnement pétroliers, la chasse et la pêche excessives, l'extraction continue de sable qui a entraîné une augmentation considérable de l'érosion et la construction d'une route le long de la grève.

INTRODUCTION

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les principales mesures prises dans le cadre du projet ont été orientées vers la sensibilisation du public, la lutte contre l'érosion des cordons dunaires et la mise en place d'un plan visant à éviter des épisodes catastrophiques de pollution par les hydrocarbures.

La stabilisation des cordons dunaires a constitué une action innovatrice dans l'Evrotas.



Tortue verte

●
SURVEILLANCE

Le système, qui s'est avéré très efficace, consistait en la recréation et la stabilisation des dunes à l'aide d'un filet de protection qui agissait en accumulant et en stabilisant les bancs de sable.

Au cours du même projet des mesures ont été prises pour protéger les populations de tortues caouannes (*Caretta caretta*), qui avec celle de tortues vertes (*Chelonia mydas*) se trouvent gravement menacées par la flotte de pêche dans le port de Gytheion, de nombreux spécimens étant capturés dans les filets ou retrouvés morts par les pêcheurs. Les actions ont consisté en : la surveillance, le transfert de nids, le placement de ceux-ci dans des lieux leur garantissant une meilleure protection et le suivi. Les résultats ont été très positifs : 10.000 personnes ont été informées sur les menaces qui affectent la tortue caouanne, 77 tortues ont été remises en liberté par des pêcheurs, 248 nids ont été protégés, et les efforts de sensibilisation du public ont atteint l'ensemble de la flotte de Gytheion.

Pour plus d'informations : www.ornithologiki.gr/life/pylos-evrotas



Tortue caouanne (*Caretta caretta*) ●

Île de Buda

Projet LIFE-Nature « Restauration et gestion intégrée de l'île de Buda », LIFE96 NAT/E/003180.

Exécution : 1996-1998

Localisation : Espagne

Bénéficiaire : Gouvernement régional de Catalogne, Dépt.

Environnement, DG de Patrimoine naturel

L'île de Buda représente actuellement l'un des sites les mieux conservés dans le Parc Naturel du delta de l'Ebre. L'île de Buda était à l'origine une île fluviale située à l'apex du delta, c'est actuellement une péninsule attachée à une autre plus petite, l'île de Sant Antoni. On y trouve plusieurs types d'habitats essentiels : une grande lagune côtière d'eau saumâtre, partiellement subdivisée en deux (Caláis Gran et Caláis de Mar) ; de petites lagunes à l'intérieur de l'île appelées « lluentos » ou « cremats » ; des marais fluviaux et saumâtres.

INTRODUCTION

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les causes les plus importantes de la détérioration sont : la pression touristique (les bateaux de plaisance provoquent une forte houle qui augmente de manière considérable l'érosion des marges fluviales), l'agriculture intensive, la construction de barrages (en particulier ceux de Ribarroja et Mequinenza) et autres infrastructures et l'expansion d'espèces exotiques.

Le projet a impliqué une restauration très large de toute la zone qui comprenait entre autres des mesures de restauration de la dynamique de l'eau, une amélioration de la qualité de l'eau, la création ou reconstruction d'un habitat adapté à diverses espèces et l'élimination de la flore exotique.

L'avancée de la surface de culture au détriment des milieux naturels avait provoqué la transformation de vastes zones de terrains. Pour inverser la situation, on a procédé au retrait de la culture de riz sur environ 32 ha qui ont été reconvertis en zones de végétation héliophytique et utilisés comme lieux d'épuration biologique des eaux de drainage des rizières, après la construction d'un système d'infrastructures hydrauliques permettant de gérer correctement l'eau à traiter.

Dans les rizières dont l'exploitation active a été maintenue, la priorité a été d'essayer d'avancer dans ce qu'on appelle la production « intégrée ». Des mesures à caractère extensif ont ainsi été adoptées, telles que la lutte biologique contre l'invasion du foreur de tiges de riz (*Chilo suppressalis*) ou un régime d'inondation hivernal afin de favoriser les oiseaux aquatiques. À un niveau plus spécifique, une parcelle expérimentale en régime de production « écologique » a été mise en place, où ont été employés des engrais naturels à libération lente et où l'utilisation des biocides a été complètement éradiquée. Cette technique de culture a représenté des problèmes significatifs en raison de la prolifération de mauvaises herbes qui ont mis en danger la production de riz. Le problème est donc analysé, ainsi que les moyens possibles d'y remédier, afin de mettre en œuvre la politique la plus appropriée à adopter à long terme.

Afin d'éviter l'eutrophisation des lagunes côtières ou le déplacement de toxiques vers les systèmes naturels et les chaînes trophiques, on a agi sur le profil hydrologique des systèmes naturels de Buda. D'une part, la gestion de l'eau d'irrigation provenant directement de l'Ebre a entraîné la création d'un vaste réseau de canalisations permettant de distribuer l'eau à travers la ceinture de végétation naturelle et de la faire parvenir aux lagunes côtières. D'autre part, le contrôle des eaux de drainage des rizières s'est effectué par la création de systèmes de verrouillage efficaces (vannes) et le dédoublement des systèmes de pompage. Une fois le système de distribution d'eau opérationnel, l'apport d'eau douce aux lagunes côtières a été de grande qualité. Pour évaluer l'évolution générale des systèmes aquatiques, un système de surveillance de la qualité des eaux a été appliqué, comprenant des échantillonnages à l'entrée et la sortie de l'actuel terrain d'épuration.

Les opérations d'entretien du parc d'infrastructures hydrauliques réalisées telles que les révisions et réparations dans les unités de pompage et l'installation de vannes, le dragage des lits limoneux et le nouveau profilage de leurs murs, le fauchage de la végétation marginale dans les conduits et la consolidation des digues, ont été indispensables pour assurer le contrôle de la circulation de l'eau à travers les systèmes naturels et artificiels de Buda.

La transformation des rizières dans les marécages d'eau douce, l'amélioration générale de la qualité des eaux, la récupération de la forêt galerie ou l'élimination de lignes électriques sont des actions qui ont permis indirectement d'obtenir un habitat approprié. La mise en place d'un petit noyau reproducteur d'ibis falcinelles (premier en Catalogne), l'élevage d'un couple de grandes aigrettes (premier dans la péninsule ibérique), la consolidation d'une grande population de talèves sultanes ou les récupérations émergentes de lusciniolles à moustaches et de rémiz pendulines en sont la preuve.



Île de Buda



Rizière transformée en marécage d'eau douce



Fauchage de la végétation



Canal pour la gestion de l'eau



Guifette moustac

SURVEILLANCE

Parmi les actions directement liées à l'adaptation de l'habitat aux besoins de la faune, il faut souligner la création d'îles de laro-limicoles (échasse blanche, avocette élégante, gravelot à collier interrompu, sterne pierregarin, sterne naine), l'expérience de la gestion de la végétation (rinçages locaux par l'aplatissement mécanique de la végétation) pour appuyer les besoins de la guifette moustac, (*Chlidonias hybridus*), l'acceptation de boîtes à nids par le hibou petit-duc, l'installation d'une plate-forme pour le balbuzard pêcheur, l'élimination des structures de chasse abandonnées où certains oiseaux tombaient et l'aménagement d'une ancienne voie en désuétude comme espace pour la reproduction des glaréoles à collier.

L'existence d'une population d'aphanias d'Espagne (*Aphanius iberus*) et de samaruc (*Valencia hispanica*) était connue dans les lagunes littorales de Buda il y a longtemps. Au sein du projet Life, on a fixé comme objectif la réalisation d'une expérience limitée d'introduction de cyprinodontidés, accompagnée de la surveillance correspondante. L'endroit choisi était une petite lagune du sud de l'île, caractérisée par son isolement par rapport aux eaux environnantes, du fait des variations importantes de son niveau d'inondation et de la salinité de l'eau et de sa végétation subaquatique développée. Après les mouvements de terrain nécessaires pour adapter la zone (création de mares-refuges et barres d'isolation) et la surveillance des paramètres physiques et chimiques de l'eau, des samarucs et aphanias d'Espagne élevés en captivité dans les installations du parc naturel ont été introduits. Après la période d'acclimatation, l'observation de nombreux contingents des deux espèces, ainsi que d'une présence satisfaisante d'alevins a représenté un point de départ encourageant pour de nouvelles introductions. En particulier si l'on tient compte de la cohabitation avec le gambusia, un concurrent problématique. Cette espèce originaire du nord du Mexique et des États-Unis a été introduite en Europe pour lutter contre le paludisme dans les années 20, modifiant l'équilibre biologique des lieux où elle s'est acclimatée.

Une autre espèce introduite, l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*), a provoqué l'assèchement des rizières transformées en marais littoraux d'eau douce, en effectuant de nombreuses perforations dans la partie inférieure de la jetée périphérique qui agissait comme une digue de barrage. La paroi perforée a été restaurée, sa largeur ayant ainsi été doublée.

Concernant la gestion de la végétation héliophytique, les actions exercées ont consisté à la brûler, l'aplatir et la faucher. Les brûlages ont été effectués sporadiquement dans les espaces naturels et plus régulièrement dans les rizières transformées de la partie sud de l'île, afin d'obtenir un rajeunissement de la végétation, en éliminant la nécromasse accumulée et en apportant un défrichage. Dans les rizières transformées on a eu recours de manière alternative à l'aplatissement de la végétation à l'aide de machines agricoles, poursuivant ainsi la création de mosaïques de micro-habitats. Enfin, les fauchages se sont limités aux marges des canaux et des chemins, où la prolifération des héliophytes constituait une gêne.

5.1 Cas d'étude

Etangs littoraux



Ce sont des zones humides formées à partir de l'évolution des estuaires par des processus de colmatage. Ils représentent des écosystèmes à haute productivité et à grande diversité biologique. Sur les côtes méditerranéennes, les étangs littoraux les plus connus sont ceux situés à l'embouchure du Nil, au sud de la France et sur les côtes méditerranéennes espagnoles.

La plupart des étangs littoraux présentent une empreinte des activités humaines très élevée. L'assèchement de ces espaces humides au profit de l'agriculture et les occupations urbaines, industrielles et touristiques sont les causes des principaux problèmes de ces zones.

Les actions humaines (drainage, assèchement et envasement) peuvent entraîner le colmatage partiel ou complet des étangs littoraux et le développement de structures qui interrompent le transport des sédiments (barrages, canalisations, etc.) contribuent à leur érosion.



Etangs littoraux d'Adra

Projet LIFE-Nature « Conservation des étangs littoraux d'Adra », LIFE98 NAT/E/5323.

Exécution : 1998-2001

Localisation : Espagne

Bénéficiaire : Ministère de l'Environnement - Gouvernement régional d'Andalousie

Les étangs d'Adra forment un complexe palustre comprenant deux principales lagunes : l'étang littoral Albufera Nueva et l'étang littoral Albufera Honda. Ils se situent dans la province d'Almeria et représentent une importance aussi bien nationale qu'internationale en raison de la diversité et la singularité de leur faune et de leur flore.

L'usage agricole qui a été traditionnellement développé à proximité de la zone humide, accentué par l'extension des cultures intensives sous plastique durant les derniers temps, très polluantes pour l'environnement, a produit une détérioration progressive qui a donné lieu à des phénomènes d'eutrophisation des eaux des lagunes, d'abandon de déchets solides et liquides, de fragmentation de la zone humide et d'explosion démographique des rongeurs.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Afin de limiter ces impacts, on a programmé une série de mesures consistant à : démarrer un plan d'agrandissement de la surface humide de l'habitat des étangs littoraux d'Adra, améliorer la qualité hydrique du système, éliminer de façon significative la pollution terrestre provoquée par les déchets des cultures et rétablir les éléments de l'écosystème, en particulier des communautés et espèces présentes et inscrites aux annexes I et II de la Directive Habitats et à l'annexe I de la Directive Oiseaux.

Après une étude sur l'acquisition de terrains agricoles dans le périmètre des étangs littoraux d'Adra, dont l'objet était d'acquérir une surface appropriée à la restauration, 12672 m² ont été achetés. Au départ un agrandissement de 20 000 m² de la surface humide était prévu, cependant l'augmentation du prix des terres a empêché que cet objectif soit atteint dans son intégralité.

Les actions entreprises visaient à améliorer la qualité de l'eau du système. On a tout d'abord procédé à l'évaluation des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du milieu aquatique. Cette étude a consisté en un suivi exhaustif des caractéristiques hydriques, basé sur la collecte de données débutée en 1999 et maintenue tout au long de la période du projet Life. Le prélèvement d'échantillons a été effectué toutes les deux semaines. Celui-ci comprenait l'analyse des valeurs des paramètres physiques (température, turbidité, profondeur, pression, transparence et solides en suspension), chimiques (conductivité, salinité, oxygène dissous, potentiel redox, phosphore, azote, ammonium, silice, alcalinité, carbonates,

INTRODUCTION



État de la zone de végétation palustre quelques jours après avoir été fauchée et récoltée

Etang littoral Albufera Nueva et étang littoral Albufera Honda



bicarbonates, demande biochimique en oxygène, bromures, sulfates, chlorures et solides dissous) et biologiques (identification et recensement du phytoplancton et zooplancton, et détermination quantitative de pigments photosynthétiques). D'autre part, les caractéristiques des eaux souterraines liées aux étangs littoraux ont été évaluées par des piézomètres installés à proximité des lagunes. De plus, la perte d'eau du système par évaporation a été évaluée par le biais d'un réservoir d'évaporation révisé toutes les deux semaines. Afin de compléter l'analyse, fin 1998, on a procédé à l'achat d'une station météorologique, prise en charge par le ministère régional de l'Environnement, permettant d'obtenir d'autres valeurs atmosphériques applicables à l'étude hydrique, comme par exemple la direction et la force du vent, les précipitations, la température environnementale, l'humidité relative et la luminosité. Cette station recueille les paramètres climatiques de façon continue et toutes les deux heures depuis son installation en juin 1999. Tous les quinze jours a également été évalué l'apport hydrique au complexe et en provenance du canal Acequia Real qui le relie à la rivière Adra.



Activités de recensement et de suivi de l'avifaune aquatique

SURVEILLANCE

De cette étude complète ont découlé les actions suivantes : apport forcé d'eau aux lagunes en provenance de la rivière Adra, restauration du canal Acequia Real constituant une connexion d'eau entre la rivière Adra et les étangs littoraux d'Adra, signature de l'accord entre la communauté d'irrigation de la rivière Adra et le ministère régional de l'Environnement pour la gestion de la canalisation des eaux de la rivière aux lagunes.

Pour réduire la concentration en nutriments dans l'eau et pour éviter l'eutrophisation, on a procédé à la coupe et au nettoyage des roseaux sur l'ensemble de la surface de végétation hélophyte de la réserve au cours de la période de développement du projet.

On a également réalisé une étude sur la viabilité de l'implantation de cultures alternatives aux serres conventionnelles dans l'environnement des zones humides, afin de réduire de manière significative la génération et le futur déversement de résidus agricoles qui aggravent le processus de pollution dans le système aquatique et terrestre des étangs littoraux. Ont été analysées les cultures des serres de production intégrée, les cultures écologiques et les cultures hydroponiques à recirculation, la procédure écologique présentant un plus grand rendement. Il est prévu d'utiliser ces résultats comme un outil pour encourager la conversion des serres conventionnelles en serres écologiques dans la zone périphérique de protection de la réserve naturelle.

Pour réduire la pollution terrestre causée par le déversement et l'accumulation des déchets agricoles, on a procédé à l'achat et à la mise en place d'un équipement collecteur de déchets agricoles entraînant une diminution significative des niveaux de pollution de l'environnement.

Parallèlement, et pour mettre fin aux invasions causées par le déversement de déchets (prolifération de rongeurs dans la zone humide), un programme de dératisation a été lancé. Ce programme a débuté par un suivi des indices de prédation des rongeurs. Pour cela des structures artificielles dotées de faux œuf de différentes tailles ont été installées, imitant des nids d'oiseaux aquatiques et de passereaux. Cela a permis de réaliser des analyses différentielles de prédation sur chaque variable séparément. Par la suite, afin d'évaluer l'impact des pièges sur la nidification et les taux de prédation de ce groupe de mammifères, une batterie de pièges à rongeurs a été installée dans l'étang littoral Albufera Nueva, laissant l'Albufera Honda comme zone de contrôle. Enfin, la chasse systématique aux rongeurs a eu lieu dans la réserve naturelle, en tenant compte, pour l'installation et la mise en place de pièges, des conclusions obtenues. En même temps, les taux de prédation ont été de nouveau analysés afin d'évaluer l'efficacité de la campagne réalisée.

Pour évaluer les effets générés par le programme d'action sur la dynamique de la faune, un suivi de l'avifaune a été effectué durant les trois années du présent projet Life, qui comprenait d'autres zones humides de la province d'Almeria, afin de ne pas attribuer à tort les changements produits chez les communautés avicoles aux actions de conservation menées dans les étangs littoraux. L'ensemble de ces activités a conduit à la diminution des niveaux de pollution dans l'environnement, entraînant des conséquences positives sur les populations animales et végétales

du système. L'amélioration hydrique du système a favorisé la régénération de la marisque située à l'intérieur, la lutte contre les rongeurs a conduit à une amélioration de la reproduction de certains oiseaux dans le complexe palustre, et l'agrandissement de la surface terrestre périphérique de la zone humide aura une incidence sur l'extension de certaines formations végétales telles celles des tamaris, joncs ou marisques (incluses à l'annexe I de la directive Habitats), ainsi qu'une amélioration des conditions de l'environnement pour les espèces qui s'y nourrissent, s'y reposent ou s'y reproduisent (tels que *M. leprosa*, *P. porphyrio* ou *O. leucocephala*, incluses à l'annexe II de la directive Habitats ou à l'annexe I de la directive Oiseaux).

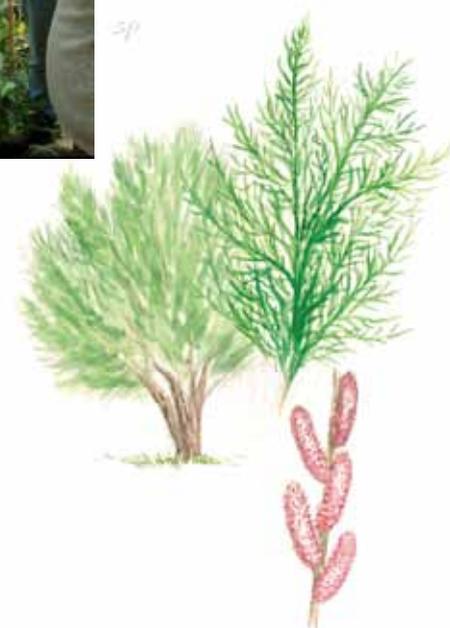
Enfin, il faut noter l'effort considérable déployé dans la diffusion des objectifs du projet visant à développer une sensibilisation à l'environnement particulièrement importante dans cette zone si menacée par les cultures agricoles. En ce sens, un programme de sensibilisation et d'éducation citoyenne avec le milieu agricole et celui de l'enfance-jeunesse a été mise en place dans le but de développer leur sensibilisation à l'environnement. Il pourrait donner lieu à des formes d'utilisation des terres agricoles à faible impact écologique dans la zone aquatique et terrestre du système.



Utilisation des conteneurs de l'équipement collecteur de déchets agricoles de la part des agriculteurs de la Zone périphérique de protection des étangs littoraux d'Adra



Évaluation de cultures de serre écologique pour l'étude de viabilité d'implantation dans la périphérie des étangs littoraux d'Adra



Tamarix sp

5.1 Cas d'étude

Plaines d'inondation



Les plaines d'inondation sont des zones adjacentes à des rivières, fleuves ou ruisseaux, soumises à des inondations récurrentes. Elles constituent par conséquent une zone soumise à des épisodes périodiques de sédimentation et de lessivage, ce pourquoi elles ont été traditionnellement utilisées pour des cultures irriguées, et qu'elles ne font pas l'objet de constructions, en prévision des risques de crues.

Dans ces espaces de transition entre le milieu hydrique et le milieu terrestre se produisent des dynamiques essentielles pour les écosystèmes fluviaux. Le travail de stabilisation des marges y est donc particulièrement important (sur des sols qui, s'ils étaient nus, seraient facilement affectés par l'érosion), au même titre que la régulation et l'accumulation latérale de flux d'eau, de nutriments et de sédiments.

Elle sont également importantes car elles constituent le biotope où se développent les forêts galeries. Ces zones humides, formées dans des terrasses fluviales occupées par des forêts galeries et la végétation accompagnante, se caractérisent par une productivité biologique élevée et une structure horizontale en bandes parallèles à la rivière. Les forêts galeries sont composées d'espèces au développement rapide (peupliers, peupliers noirs, frênes, ormes et saules) et qui dépassent les 20 mètres de hauteur.

Par le passé, les principaux impacts sur la forêt galerie étaient causés par la transformation agricole, et par la suite urbaine, et la consolidation des rives par le biais de la création de canaux artificiels à l'aide de digues et de brise-lames (aujourd'hui encore les projets de consolidation des rives représentent une menace pour ce type de zone humide). Les activités de loisir, les incendies, l'introduction d'espèces exotiques de flore et de faune, la prolifération des décombres et déchets, le détournement de l'eau pour l'irrigation, les infrastructures qui limitent la continuité du corridor, les grands barrages et mini-centrales et la régulation du régime hydrologique sont les principaux impacts qui affectent actuellement ces systèmes.



Zones humides du fleuve Sile

Projet LIFE-nature « Projet de conservation des zones humides du fleuve Sile », LIFE99 NAT/IT/006254.

INTRODUCTION

Exécution : 1999-2002.

Localisation : Italie.

Bénéficiaire : Ente Parco Regionale Naturale del fiume Sile

Le Parc Régional du fleuve Sile est situé près de la lagune de Venise. Il est composé de zones humides d'une grande importance pour la nidification des oiseaux migrateurs et sédentaires, et comprend également les dernières tourbières de la plaine de Vénétie. Le réseau des zones humides dans la zone du fleuve Sile est connecté à la lagune de Venise et à une série d'anciennes carrières transformées en lacs.

Les problèmes de conservation les plus significatifs sont causés par les activités agricoles et d'élevage et la désinformation, ainsi que le manque de valorisation de la population à l'égard des ressources de la zone. Les tentatives de protection et de restauration de la zone humide ont alors donné lieu à des affrontements avec des propriétaires fonciers et des agriculteurs.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les objectifs du projet comprennent des actions de renaturation de l'environnement des zones humides du parc et le rétablissement de la connexion entre les biotopes affectés par les activités anthropiques. Plus précisément, le programme prévoyait d'établir un réseau de surveillance de la qualité des eaux, la protection de la flore et de l'avifaune et l'évaluation de l'efficacité des mesures prises pour atteindre les objectifs.

SURVEILLANCE

D'autres activités ont consisté à élaborer des campagnes de sensibilisation à l'environnement, visant notamment à informer les agriculteurs de l'importance d'utiliser des techniques agro-environnementales. Dans ce but, des incitations économiques ont été accordées, un manuel sur la gestion des zones humides dans les propriétés privées a été publié et un point d'information basé sur le Plan de développement rural, destiné aux agriculteurs intéressés par les opportunités offertes par la culture agro-environnementale, a été créé.

Enfin, on a également effectué la gestion et l'entretien de la végétation dans certaines zones, par le fauchage de la végétation envahissante et des fourrés.



Sauce (*Salix sp.*)

Vallée du Mincio

Projet LIFE-Nature « Conservation de la Réserve Naturelle de la Vallée du Mincio », LIFE96 NAT/IT/3073

INTRODUCTION

Exécution : 1997-2000

Localisation : Italie.

Bénéficiaire : Parco Naturale del Mincio

La vallée du Mincio est située dans le centre du bassin du Pô et constitue un refuge important pour les oiseaux migrateurs. La zone humide couvre environ 1000 hectares et se compose d'une masse d'eau entourée de roselières et de fourrés denses, saules et aulnes sur ses rives.

Cette zone humide souffre de l'invasion d'une espèce de nénuphar exotique très agressive, le *Nelumbo nucifera*, qui a causé une sérieuse augmentation de l'eutrophisation et de la terrestrialisation de la zone humide ainsi que la propagation excessive du roseau, aggravée par la canalisation et la déviation des eaux du fleuve en amont.



MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Le projet s'est centré sur l'utilisation d'une méthode efficace et peu agressive pour le milieu consistant en l'élimination du nénuphar, l'élimination des sédiments accumulés et la gestion appropriée du roseau.

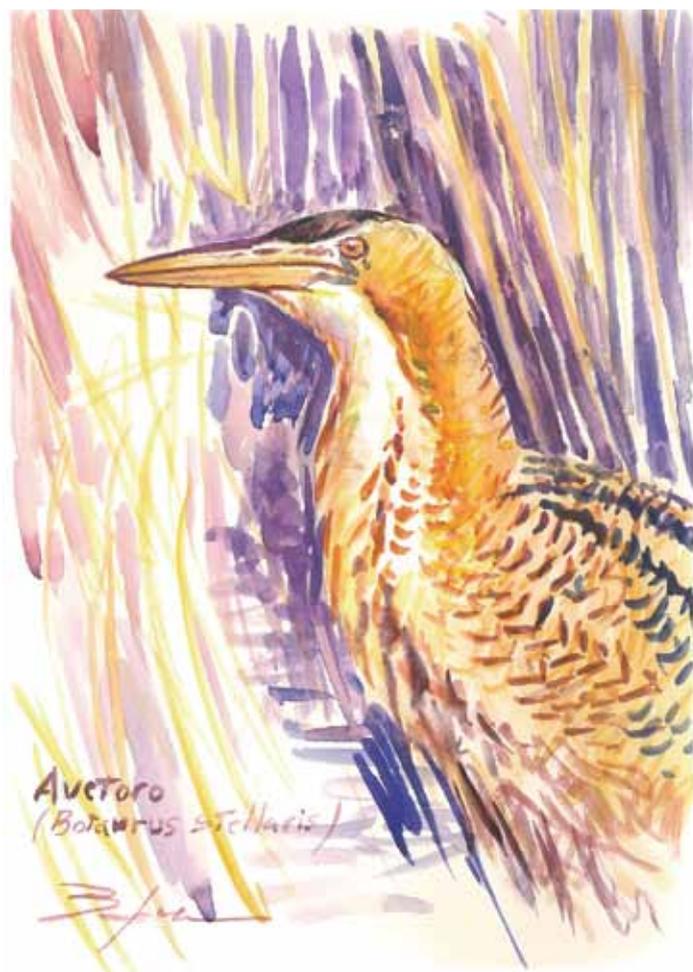
Afin de diversifier la structure du paysage et de permettre le rétablissement d'autres espèces végétales, on a procédé au fauchage (mécaniquement et manuellement) de la zone dominée par les roseaux (40 ha). Sept anciennes entrées d'eau ont été ouvertes et nettoyées pour améliorer l'écoulement de l'eau et restaurer les conditions nécessaires à la nidification et le repos des oiseaux.

L'éradication du lotus d'orient, qui couvrait une surface de 30 hectares, a été réalisée à l'aide de bateaux spécifiques, capables de se déplacer sur des petits canaux et des masses d'eau cachés, équipés des outils nécessaires pour recueillir et arracher les rhizomes.

SURVEILLANCE

Les principaux résultats obtenus ont été :

- L'identification de 33 unités végétales, dont certaines sont particulièrement importantes d'un point de vue géo-botanique : *Stratiotetum aloidis*, *Potamo-Vallisnerietum*, *Nymphaea alba*, *Mentha aquatica*, *Caricetum* et *Selino- Molinietum caeruleae*.
- 11 hectares de *Caricetum Molinietum* ont été acquis par le parc, permettant de mettre un terme à l'usage de fertilisants chimiques et d'effectuer un entretien régulier de la roselière.
- Le lotus d'orient a été éliminé, sur une surface de 34 hectares, ce qui a favorisé la croissance des espèces indigènes. La circulation et l'échange de l'eau se sont améliorés grâce aux travaux de nettoyage menés dans les canaux. La végétation autochtone a recolonisé les zones où ont eu lieu les interventions, par dispersion naturelle et plantation.
- L'éradication du lotus d'orient et les travaux de fauchage des roselières ont attiré des espèces d'oiseaux comme par exemple le *Botaurus stellaris* et le *Nycticorax nycticorax*. Les travaux de fauchage ont été poursuivis jusqu'à la fin du projet, y compris dans des parcelles appartenant à des agriculteurs, grâce aux possibilités offertes par le Règlement 2078/92.
- Les actions de sensibilisation à l'environnement ont donné lieu à la participation de secteurs concernés comme les pêcheurs et les producteurs d'osier.



Butor étoilé (*Botaurus stellaris*)

Forêt galerie de l'île de Buda

Projet LIFE-Nature « Restauration et gestion intégrée de l'île de Buda », LIFE96 NAT/E/003180.

INTRODUCTION

Exécution : 1996-1998

Localisation : Espagne

Bénéficiaire : Gouvernement régional de Catalogne, Dépt. Environnement, DG de Patrimoine naturel

La forêt galerie autochtone a été l'un des habitats les plus sévèrement affectés par les activités humaines sur le delta de l'Ebre. Sur l'île de Buda se trouvait l'une des populations de tamaris commun les mieux nourries et conservées du delta. Les marges fluviales ont été réduites à seulement quelques individus isolés appartenant aux espèces les plus caractéristiques. Cette situation était due, en grande partie, à l'effet de déplacement qui a provoqué l'expansion de la rizière et à l'introduction massive d'espèces d'arbres exotiques.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Face à cette situation on a procédé à l'abandon des rizières attenantes à la rivière, où l'on a effectué des plantations (peuplier blanc, saules, tamaris commun, frêne à petites feuilles et aulne), y compris sur les marges du réseau de canaux d'eau douce.

En premier lieu, les arbres restants, appartenant tous à des espèces et des variétés exotiques, ont été éradiqués, et une ligne électrique a été enlevée. L'élimination de la ligne électrique répondait à des questions de protection de la communauté ornithologique et de qualité du paysage de la zone.

Les eucalyptus (*Eucalyptus* sp.) et peupliers noirs (*Populus nigra* cv. *italica*) ont été abattus et les palmiers (*Phoenix* sp. y *Washingtonia* sp.) ont été transférés dans des jardins publics d'une commune située à proximité, afin de maximiser le bénéfice global pouvant être obtenu par la mise en œuvre de l'action. En ce qui concerne les plantes allochtones de petite taille qui font partie de la flore de Buda, la surveillance s'est avérée nécessaire pour seulement deux espèces : le baumier, peu étendu, et pour lequel une stratégie drastique et extensive a été adoptée ; et le roseau, pour lequel ont été entreprises des expériences ponctuelles de remplacement par une espèce de plus grande taille. Aucun herbicide n'a été employé.

Le canal principal d'approvisionnement a ensuite été agrandi par la création d'une large jetée qui convient à la plantation d'arbres indigènes et par une pente établie sur le talus, aussi étendue que possible. Cette inclinaison de la marge du canal offre plus d'avantages que le canal traditionnel aux murs verticaux : il est plus approprié pour la faune résidente, permet un meilleur établissement de la végétation annuelle et nécessite un moindre entretien. La végétation spontanée a été fréquemment débroussaillée afin d'entretenir les plantations. Ceci a réduit la concurrence qu'elle pouvait exercer et entraîné l'introduction progressive de nouveaux individus de renfort qui ont remplacé ceux éliminés et densifié les contingents.

Pour préserver la marge fluviale du lit principal de l'Ebre de l'érosion causée par les bateaux de touristes et par l'usure des vagues produites par ces derniers, une défense anti-érosion a été construite dans le but de protéger les plantations voisines. Une palissade continue d'environ un mètre de hauteur a été installée le long de plusieurs dizaines de mètres de la rive du fleuve.

Une fois ces actions effectuées, on a procédé à la restauration du principal chemin permettant l'accès à l'île, très endommagé suite aux travaux effectués et à l'excavation pratiquée pour enterrer les câbles ayant remplacé les lignes électriques.

Parmi les actions directement liées à l'adaptation de l'habitat aux besoins de la faune, il faut souligner l'acceptation de boîtes à nids par le hibou petit-duc, les boîtes refuges pour les chauves-souris et l'installation d'une plate-forme pour le balbuzard pêcheur.



Chemin d'accès à l'île de Buda

SURVEILLANCE

La récupération de la forêt galerie a permis la colonisation de quelques espèces animales liées à cet habitat dans le delta. Parmi elles se trouvent la rémiz penduline et le hérisson commun.



Végétation arborée associée au canal



Martin-pêcheur



Boîtes à nids

Plaine alluviale du corridor vert du Guadiamar

**Projet « Corridor vert du Guadiamar »
Gouvernement régional d'Andalousie.**

Exécution : depuis 1998.
Localisation : Espagne

Le projet de gestion et de restauration complète du bassin du Guadiamar, appelé « Corridor vert du Guadiamar, » a pour principaux objectifs d'éviter la dispersion et de remédier à la pollution produite par le déversement minier sur la rivière Guadiamar et le marais littoral affecté, et de créer un corridor écologique qui permette de récupérer la circulation des espèces et des processus naturels qui existaient parmi les écosystèmes de la Sierra Morena et des plages du littoral de Doñana.

INTRODUCTION



MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Quatre grands axes de travail ont été suivis pour atteindre ces objectifs : surveillance, contrôle et remédiation de la pollution, conception du corridor écologique et intégration entre les systèmes naturels et humains.

La restauration des écosystèmes de la plaine fluviale a consisté à récupérer le système hydro-géomorphologique et celui des habitats naturels et des paysages des rives du corridor fluvial du Guadiamar.

Les activités liées à la récupération des processus de la dynamique fluviale (équilibre entre les processus de transport/érosion/sédimentation) ont consisté à éliminer des barrières physiques (murs de défense, défrichage des anciens bras de crue, extractions de gravier, pièges de sédiments construits après le déversement, etc.) et chimiques (causés par les déversements polluants). Les premières interrompaient la continuité du lit et provoquaient la division du cours de la rivière dans plusieurs secteurs étanches à la stagnation artificielle, ce qui altérait radicalement le régime de la rivière et interrompait la circulation des espèces aquatiques. Les secondes empêchaient la colonisation et le déplacement des communautés aquatiques.



SURVEILLANCE

Après l'achèvement de ces interventions, le Guadiamar a retrouvé sa dynamique naturelle, de nombreux anciens bras de crue ayant été obstrués ou transformés par les activités agricoles fonctionnant à nouveau.

La restauration végétale a été réalisée grâce à l'élimination de la végétation allochtone (casuarinas, acacias et surtout eucalyptus), la préparation des sols, l'apport de matière organique et la plantation d'espèces indigènes sur des anciens terrains agricoles, depuis celles des rives (peuplier, frêne, saule, micocoulier du Midi, etc..) jusqu'aux espèces caractéristiques de la forêt méditerranéenne (chêne vert, chêne-liège, olivier sauvage, caroubier et autres plantes arbustives.) Des plantes à taille élevée ont également été réutilisées, transportées par la technique du plâtrage, depuis les lieux où ont été réalisés divers travaux d'infrastructures. Avec le reboisement on a essayé de débiter un processus de recolonisation et de développement des communautés végétales naturelles et de freiner l'érosion.

Sur les rives immédiates du lit de la rivière, où aucune intervention n'a eu lieu afin que celle-ci puisse récupérer son tracé en plan et pour encourager le développement spontané de la végétation des rives, on a constaté que la capacité de régénération naturelle de la végétation riveraine était plus rapide que dans les zones de restauration où elle était introduite par la plantation.

Les processus de recolonisation de l'espace par les communautés fauniques se sont manifestés peu de temps après la réalisation des actions susmentionnées. Pour compenser le manque de refuges naturels, on a construit le long du corridor une série de refuges artificiels en tirant profit des racines d'eucalyptus ayant été retirés.

Pour plus d'informations : www.cma.junta-andalucia.es



5.1 Cas d'étude

Lacs



Les lacs sont des écosystèmes aquatiques d'eaux permanentes ayant une profondeur suffisante (dans la Méditerranée plus de 10-15 m) pour que se produise un processus annuel de stratification thermique (épilimnion-thermocline-hypolimnion). Ils occupent des dépressions du relief dont l'extension et la profondeur sont très variables, et dont l'origine peut être associée à différents processus : mouvements tectoniques, activité volcanique, activité glaciaire, action du vent, fluctuations du niveau de la mer, etc. Ils reçoivent des apports d'eau par les précipitations, les affluents et les sources, et presque tous coulent à travers des rivières appelées émissaires, ce pourquoi ils font également partie du réseau de drainage où se trouvent les bassins.

Dans les régions arides, où les précipitations sont rares et l'évaporation intense, le niveau d'eau des lacs varie selon les saisons et ceux-ci s'assèchent pendant de longues périodes. Ce phénomène est courant dans les lacs méditerranéens, dont les caractéristiques dotent ces systèmes d'un fonctionnement très différent des lacs du reste de l'Europe (Bécares et al., 2004). Ces caractéristiques (moindre taille, plus fort isolement, fortes oscillations d'épaisseur d'eau, plus grande productivité et absence de certains groupes trophiques, entre autres) exercent une influence sur la dynamique de leurs populations ainsi que sur la structure et le fonctionnement des communautés.

Les lacs améliorent la qualité de l'eau qui y coule à travers des rivières émissaires en agissant comme des puits de sédiments ; ils régulent les crues des rivières en empêchant les inondations et modèrent le climat de la région (lacs de grande taille) en raison de l'évaporation de l'eau.

Les lacs tendent à se colmater de façon naturelle car ils accumulent les sédiments en provenance des rivières qui se jettent dans son bassin. Dans de nombreux cas, ce colmatage est accentué par l'activité humaine : extraction d'eau pour l'irrigation ou la consommation, déversements de déchets, eaux usées, excédents d'irrigation, pollution, surpêche, activités de loisirs, construction de barrages hydroélectriques, etc.



Lac de Banyoles

Projet LIFE-Nature, « Récupération des milieux aquatiques de Porqueres et Banyoles », LIFE03/NAT/E/000067.

INTRODUCTION

Exécution : 2003-2007

Localisation : Catalogne, Espagne.

Bénéficiaire : Mairie de Banyoles.

D'une superficie de 107 hectares, le lac de Banyoles est le deuxième plus grand de la péninsule ibérique. Il a une origine tectonico-karstique et il est alimenté par des sources souterraines. Situé dans la région du Pla de l'Estany, dans la province de Gérone, le lac de Banyoles fait partie d'un complexe lacustre qui abrite une grande variété de milieux naturels, dont beaucoup sont classés sites d'importance communautaire (SIC) par l'Union européenne.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les actions prévues dans le projet LIFE ont pour but de rendre le développement touristique compatible avec la conservation de l'habitat, car en raison de la proximité du noyau urbain de Banyoles (17.000 habitants), cette zone lacustre est affectée par les activités de loisirs, touristiques et sportives sur le lac. L'introduction d'espèces exotiques, l'occupation du littoral du lac par des infrastructures routières et d'urbanisation, l'artificialisation des canaux d'irrigation et des ruisseaux d'entrée, l'aménagement paysager, l'artificialisation de l'environnement et l'assèchement des zones humides pour les activités agricoles exercent également une influence dans la dégradation.

Parmi les actions effectuées pour assurer la récupération et la conservation des habitats et des espèces, il faut souligner la création et la consolidation d'un organe de gestion intercommunale de la zone lacustre formé par les administrations locales et compétentes, ainsi que le déploiement d'instruments juridiques, comme la rédaction et l'approbation du Plan spécial de protection du milieu naturel et du paysage et la révision du Règlement des activités du lac.

SURVEILLANCE

D'autres actions ont consisté en :

- La réalisation d'études de topographie et d'hydrogéologie ayant permis la sélection objective et appropriée des propriétés au plus fort potentiel de restauration et présentant par conséquent un intérêt dans l'achat de terrains.
- L'inventaire des passages de la faune et la détection des principaux points noirs dans la dispersion des amphibiens. Cette action vise à détecter les principaux points où des amphibiens sont heurtés sur les infrastructures routières de l'espace naturel.
- La rédaction du projet de création de deux passages de faune aquatique : un pour les amphibiens et reptiles et un autre pour les poissons. La rédaction du projet des amphibiens a été réalisée à partir des conclusions de la première année d'échantillonnage des points d'attraction et de ceux où étaient heurtés les amphibiens. Cependant, après plusieurs visites permettant d'évaluer la faisabilité de la construction des passages de faune piscicole pour surmonter les chutes d'eau, on a constaté que ce n'était pas possible en raison des chutes d'eau dans les propriétés privées. De plus, certaines d'entre elles présentaient un dénivelé considérable et il n'y avait pas assez d'espace pour la création d'échelles à poissons. La solution adoptée a consisté à tirer profit de l'existence de ramifications des canaux d'irrigation qui définissent un tracé continu et une connexion écologique viable et à appliquer une série d'améliorations, comme par exemple : réparer les points de perte d'eau, réparer les marges afin d'éliminer les pertes d'eau, fermer le passage des poissons au niveau de certaines des ramifications pour empêcher qu'ils meurent, surmonter les petits dénivelés, etc. ; de cette manière on assure un cours continu et sans obstacles pour les poissons et une amélioration de la végétation des marges qui agit comme refuge pour les espèces.
- La rédaction d'un projet d'exécution des itinéraires pour l'organisation et la planification des visites. On établit de cette façon un tracé du réseau des sentiers piétonniers, des aires d'accueil des visiteurs, l'emplacement de la signalisation et les points intéressants pour les visiteurs.
- La création et l'aménagement de sentiers piétonniers, la construction et l'installation de passerelles côtières, l'adaptation environnementale et la naturalisation de l'environnement. Cet ensemble de mesures a pour but l'aménagement et la régulation de l'affluence de visiteurs dans le secteur et l'adaptation de la zone pour le repos et un accueil suffisamment attrayant. La construction de nouvelles trames et l'amélioration des chemins actuels ainsi que l'installation de passerelles permettent aux visiteurs et aux pêcheurs d'atteindre le littoral du lac de manière ordonnée pour assurer la récupération de la végétation.
- La création de lagunes temporaires, cette action ayant pour but la récupération des plaines agricoles environnantes du lac de Banyoles, dans des zones humides et des lagunes peu profondes.
- La naturalisation des ruisseaux de Can Morgat et de Lió, qui consiste à éliminer des masses d'arbustes sur les marges, pour replanter ensuite des espèces indigènes de marges des ruisseaux et de forêts humides pour améliorer ces milieux.
- La construction de nouveaux canaux, qui aura lieu à travers l'abattage manuel des arbres et arbustes pour, par la suite, creuser le canal. L'objectif de cette action est de protéger de manière efficace et permanente des trames du littoral du lac en créant des morphologies du terrain qui empêchent le passage des visiteurs.
- La coupe et le contrôle de la végétation exotique, le repeuplement de la végétation indigène et l'élimination de l'allochtone ainsi que le maintien de la végétation indigène.
- La réalisation d'une campagne de sensibilisation et d'identification, l'édition d'un site web et de matériel d'information, la conception d'un programme pédagogique pour le Centre d'Interprétation de l'Estany et d'une exposition itinérante ainsi que la célébration d'un colloque scientifique sur les lagunes temporaires méditerranéennes.

Pour plus d'informations : <http://www.lestany.net/>



Nénuphar (*Nuphar luteum*)

Lac Nestos

Projet LIFE-Environnement, « Lacs vivants : gestion durable de zones humides et de lagunes steppiques », LIFE00/ENV/D/000351.

Exécution : 2001-2004.

Localisation : Grèce.

Bénéficiaire : Global Nature Fund (GNF)

Le delta du Nestos est situé au nord-est de la Grèce et s'étend sur une surface de 500 Km². Ce delta, considéré comme l'une des dix zones humides les plus importantes d'Europe, se caractérise par quatre écosystèmes principaux : le lit de la rivière et ses rives, la bande côtière comptant des champs de dunes, huit lagunes aux eaux peu profondes présentant des marécages d'eau saumâtre et des prairies humides et 18 petits lacs et étangs d'eau douce où se trouvent des roselières et des communautés importantes de végétation aquatique.

Les problèmes causant la dégradation de ces zones humides sont variés et comprennent : la pratique d'une agriculture intensive dans les zones environnantes (principale source de nitrates et de phosphates versés dans les lacs et lagunes), le drainage et la mise en culture d'une grande partie de la surface, le braconnage, le surpâturage, l'abattage illégal des forêts galeries, la construction de barrages et autres infrastructures ainsi que les édifications illégales sur la côte, la surexploitation des ressources halieutiques et l'excavation des lagunes pour intensifier cette activité et enfin les décharges illégales et déversements provenant des villages voisins.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Le projet présente des plans de gestion appropriée et de restauration de ces lacs et lagunes. Ces plans de gestion comprennent les activités suivantes :

- Développement et application d'un plan intégré pour la conservation des aires représentatives des zones humides du delta du Nestos. Ce plan concerne environ 500 ha de zones humides : quatre des lacs et une lagune.
- Un projet pour l'extensification de 4000 ha de terres à usage agricole autour des zones humides. Les zones adjacentes au lac, à faible valeur agricole, sont incluses à la conservation, l'opportunité de créer un biotope naturel - ponts entre les différents petits lacs- étant ainsi facilitée. Dans les lagunes, il a été proposé d'intégrer les terres d'élevage intensif aux mesures d'extensification par des incitations financières pour les agriculteurs.
- Élaboration d'un plan de gestion pour un tourisme durable. Il a été discuté avec les acteurs locaux et leurs propositions constituent la base des autres programmes et mesures. Un itinéraire naturel dans les lacs du Nestos montrant les différents biotopes et activités a également été conçu et discuté avec les représentants des autorités locales, comme une tentative de la ville de créer des installations de loisirs à proximité de certains lacs. L'observatoire prévu a été construit au cours d'un second camp de travail international à Nestos.

INTRODUCTION



Vue panoramique du lac Nestos



Construction de zones d'amortissement

Parmi les mesures de restauration mises en place se trouvent la création et la plantation de zones d'amortissement, entre les champs de culture et les zones humides afin de lutter contre l'érosion et d'empêcher l'entrée des effluents agricoles. Dans le même temps, ils agissent comme des « biotopes ponts » afin que les espèces sauvages relient les différents lacs à l'aide d'habitats naturels. Ces zones ont été clôturées pour empêcher les dommages causés par les troupeaux d'herbivores.

Une bande végétale d'amortissement de près de 6 hectares a également été plantée pour éliminer l'azote et les charges de phosphore des effluents les plus concentrés des canaux d'écoulement. Plus de 50 000 plantes aquatiques avec des espèces comme les *Typha angustifolia*, *Typha latifolia* et *Phragmites* sp ont été plantées dans trois cuvettes adjacentes, et les anciens canaux de drainage ont été utilisés pour assurer le contrôle de l'écoulement de l'eau dans les cuvettes. Entre le dernier bassin et la lagune une zone d'inondation dotée d'un filtre supplémentaire de sable et de gravier a été construite. La bande a été inondée et asséchée avec de l'eau douce trois fois pour laver le sel de la surface. Elle s'est ensuite remplie de manière permanente.

SURVEILLANCE



Vanneau à éperons



Cormoran pygmée

La construction de zones d'amortissement et de bandes de filtres de végétation dans les lagunes a rapidement montré des résultats positifs, car au premier printemps la nouvelle zone humide était habitée par quatre espèces différentes de grenouilles et de crapauds et utilisée par plusieurs espèces d'oiseaux, dont certaines sont rares comme l'ibis falcinelle, l'échasse blanche et de nombreux autres limicoles.

Cette mesure a été très bien accueillie par la population locale et les pêcheurs des coopératives, responsables de la gestion de cinq grands lacs, qui ont demandé une collaboration intense afin de connaître les programmes supplémentaires pour l'installation de bandes de filtres dans d'autres lagunes du delta présentant des problèmes similaires.

Un contrôle de la qualité de l'eau à partir de prélèvements réguliers d'échantillons a été effectué dans les zones des lacs pour vérifier la qualité de l'eau avant et après les mesures de gestion.

Dans deux des lacs, il s'est avéré nécessaire d'ouvrir à travers le roseau un chemin d'accès de 80 m de long, et de construire une plate-forme flottante ayant permis de prendre les mesures de ces lacs pour la première fois de leur histoire.

Pour plus d'informations: <http://www.nestos.gr/Life/eng/index.htm>



Rencontre avec les acteurs locaux



Visite scolaire de l'observatoire dans le cadre du programme d'éducation à l'environnement



Prélèvement d'échantillons pour l'analyse de la qualité de l'eau

Réserve naturelle Tevere-Farfa

Projet LIFE-Nature « Récupération et sauvegarde des habitats menacés dans la Réserve Naturelle du Tevere-Farfa », LIFE97/NAT/IT/004132.

INTRODUCTION

Exécution : 1997-1999

Localisation : Italie.

Bénéficiaire : Riserva Naturale Tevere Farfa

La réserve naturelle de Tevere Farfa, classée en 1979 et située à proximité de Rome, est la seule partie protégée du principal fleuve italien, le Tibre. Dans cette réserve se trouve le lac Nazzano, formé par le réservoir du Tibre et dont les marges sont peuplées de saules, de peupliers et de joncs. Ce lac a attiré de nombreuses espèces qui utilisent la zone comme une aire de repos et de reproduction, devenant alors pour les oiseaux le lieu d'hivernage le plus important d'Italie. Il faut également noter la présence de l'habitat de type : « Rivières permanentes méditerranéennes du Paspalo-Agrostidion avec rideaux boisés riverains à *Salix* et *Populus alba* », mentionné dans la Directive Habitats (92/43/CEE), comme type d'habitat naturel d'intérêt communautaire, et dont la conservation nécessite de désigner des zones spéciales de conservation.

Toutefois, les processus de colmatage au confluent des fleuves Farfa et Tiber, auxquels s'ajoute l'expansion de roseaux, provoquent la diminution de l'eau disponible et la disparition de certaines espèces végétales, alors qu'en même temps les espèces envahissantes prolifèrent. Ces problèmes touchent les populations d'oiseaux, qui peu à peu ont abandonné la zone en raison de la dégradation de leur habitat.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Avec la réalisation de ce projet, on avait pour objectif, d'une part, d'arrêter les processus qui provoquaient la dégradation de la zone et, d'autre part, par le biais de la reconstruction des zones d'hivernage et de nidification, d'éviter l'abandon du site par les oiseaux.

Pour éviter les processus de colmatage, d'anciens canaux ont été rouverts, des sédiments ont été dragués, les roseaux supprimés et la profondeur du fond de l'embouchure du fleuve Farfa augmentée. On a également procédé à l'élimination de la végétation envahissante (4900 m³ de *Phragmites australis* ont été retirés). Ces actions ont permis la restauration de 15 hectares de zones humides.

SURVEILLANCE

Dans la zone de Meana, affectée par l'accumulation de sédiments provenant de l'extraction de gravier et de sable, 2 hectares de terres inondées ont été restaurés par l'excavation d'un canal d'union au fleuve Tibre et l'adéquation des sédiments accumulés. Un nouveau cours d'eau de 290 m de longueur, un petit lac de différentes profondeurs, trois zones humides de 250, 1100 et 1650 m², des murs argileux pour *Merops sp.* et *Alcedo atthis*, des bois de saules et un chemin pour les visiteurs de 540 m de long ont été construits pendant le projet de Meana, auxquels s'est ajoutée une vaste campagne de sensibilisation et de diffusion sur la protection et les valeurs environnementales de la zone.

Alamo blanco (*Populus alba*)



Peuplier blanc (*populus alba*)

5.1 Cas d'étude

Tourbières



Las turberas son ecosistemas formados a partir de la lenta descomposición de la materia orgánica. Aproximadamente la mitad de los humedales de todo el mundo, son turberas, tales como turberas arbustivas o abiertas ("bog"), turberas de gramíneas o carrizo ("fen"), bosques inundados y turberas transformadas.

Las turberas calcáreas, están en la lista de hábitats naturales en degradación de la Directiva Hábitats 92/43/CEE del Consejo (de 2 de mayo de 1992), relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Estos ecosistemas son elevadamente frágiles, y mantienen a su vez numerosas especies silvestres gravemente amenazadas.

La flora de las turberas esta adaptada a las especiales condiciones de humedad y temperatura que caracterizan a estos sistemas. La extracción de la turba, lejos de rejuvenecer las turberas, destruye el hábitat en sí y crea problemas de oligotrofia que impiden que se puedan mantener o recuperar las especies que viven en ellas.

Les tourbières sont des écosystèmes qui contribuent à la diversité biologique, au cycle mondial de l'eau, au stockage mondial de carbone - qui est lié au changement climatique - et à d'autres fonctions des zones humides importantes pour les communautés humaines. (Résolution VIII.17. de la Convention Ramsar)



Tourbière calcaire du lac Trichonis

Projet LIFE-Nature « Actions pour la protection de la tourbière calcaire du lac Trichonis », LIFE99 NAT/GR/006499.

Exécution : 1999-2003.

Localisation : Grèce.

Bénéficiaire : National Center for Marine Research (NCRM)

Le lac Trichonis, qui compte 9690 ha, est le plus grand de Grèce. Il est situé dans le centre-ouest du pays à une hauteur de 16 mètres au-dessus du niveau de la mer et présente une profondeur maximale de 57 mètres. Environ 20 ruisseaux saisonniers s'y déversent et il est relié par un canal artificiel au lac Lysimachia situé à proximité. Les tourbières calcaires sont situées dans la partie sud-est du lac Trichonis et représentent la plus grande zone de ce type d'écosystèmes de toute la Grèce.

Le lac est situé au milieu d'une importante zone agricole, cette circonstance ayant engendré les problèmes les plus importants de cet écosystème. Le premier problème réside dans le fait que le niveau d'eau présente une importante variation saisonnière, s'agissant d'un bassin de drainage du lac relativement petit. Cette situation est aggravée par la forte demande en eau de l'irrigation agricole. La diminution de la qualité de l'eau constitue le deuxième problème. Elle est engendrée par la pollution des substances chimiques provenant de l'activité agricole. D'autres problèmes secondaires résident dans la destruction des roselières, l'expansion des terres agricoles de manière illégale, l'érosion...

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

L'objectif immédiat du projet est la restauration des zones les plus dégradées en raison des facteurs décrits précédemment, pour assurer ainsi la conservation et la protection des tourbières calcaires. Dans ce but, des actions visant à contrôler les niveaux d'eau, éliminer des déchets, contrôler les roselières et éviter l'extension illégale des champs agricoles ont été réalisées.

Pour éviter l'assèchement du lac et parvenir à la stabilisation du niveau d'eau, un plan de gestion de l'eau, qui tient compte des facteurs sociaux et environnementaux, a été mis en place. Il a permis que la fluctuation des niveaux d'eau diminue de 50 % en seulement un an d'application. L'engagement des autorités compétentes a été essentiel pour atteindre les objectifs proposés, principalement celles concernées par l'application du plan de gestion de l'eau.

L'amélioration de la qualité de l'eau a été obtenue par le plan de gestion susmentionné ainsi que par le retrait de déchets et la pose de panneaux d'interdiction, l'installation de stations de contrôle de qualité de l'eau et par une campagne de sensibilisation sur l'utilisation des produits agro-chimiques adressée aux agriculteurs.

INTRODUCTION



Canal d'irrigation



Station météorologique



Délimitation et signalisation de la zone

SURVEILLANCE

La protection de l'habitat des tourbières calcaires a été réalisée par le biais de la délimitation de la zone à l'aide de clôtures, et par des activités de sensibilisation du public (principalement les agriculteurs). Dans le cadre du projet, on a organisé de nombreux événements visant à diffuser les informations sur les avantages de la protection de l'environnement et l'importance de réduire la consommation d'eau inutile. Des idées intéressantes et innovantes ont aussi été développées afin d'impliquer les enfants dans la conservation de la nature, comme le projet appelé « adopte et apprend ». Un centre de l'environnement pour la recherche scientifique et pour les visiteurs a également été créé.

Pour plus d'informations : <http://www.life-trichonis.gr/>



Indicateur de niveau d'eau



Vue panoramique du lac de Trichonis



Papillon (*Cynthia cardui*)

5.1 Cas d'étude

Zones humides endoréiques et steppiques



Les zones humides formées dans des bassins endoréiques sont des dépressions dans la croûte terrestre qui ne possèdent aucune sortie à la mer. Les apports en eau proviennent des précipitations, des eaux souterraines ou des affluents. Elles contiennent des eaux salées, en raison de la concentration progressive des sels par évaporation. Elles sont caractéristiques des paysages de steppe et constituent un type d'habitat d'une valeur écologique extraordinaire, rare en Europe occidentale. Les zones humides endoréiques expérimentent de fortes oscillations de niveau, en raison des conditions climatiques de leur emplacement et du régime de leurs fleuves et rivières affluents. Dans de nombreux cas, elles ont tendance à s'assécher en été.

Dans ces zones humides se développent des plantes halophiles caractéristiques d'une grande valeur naturelle. Elles comptent également des prairies, pâtures, roselières, massifs de joncs etc. Du point de vue ornithologique, elles représentent un grand intérêt biologique, car un grand nombre d'oiseaux migrateurs se réfugient dans les alentours des zones humides dans les mois d'hiver.

L'assèchement pour la mise en culture, le colmatage par les déversements, l'accumulation de décombres et d'ordures ainsi que l'exploitation des pâtures constituent les principaux problèmes qui affectent ces lagunes.



Lagune de Fuente de Piedra

Projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055.

INTRODUCTION

Exécution : 2003-2006.

Localisation : Andalousie, Espagne.

Bénéficiaire : Ministère régional de l'Environnement du Gouvernement d'Andalousie.

Fuente de Piedra représente la plus grande lagune d'Andalousie et constitue l'un des systèmes salins les plus importants et singuliers de la péninsule ibérique. Elle se situe au nord-ouest de la province de Malaga, à une altitude moyenne de 400 m au-dessus du niveau de la mer. Il s'agit du niveau de base et du déversoir naturel d'un bassin endoréique de 15 350 ha. C'est une zone humide d'eaux saumâtres, endoréique et temporaire. La salinité provient de la dissolution des sels du substrat du bassin versant. Jusqu'en 1951, la lagune comptait une importante exploitation de sel.

L'influence des variables climatiques détermine, chaque année, le fonctionnement du système aquatique et des communautés biotiques qu'il abrite. La végétation halophile occupe les bords du bassin lacustre. Quand la salinité est plus faible et la période d'inondation plus longue, des prairies de macrophytes submergés s'y développent. La faune de vertébrés la plus diversifiée sont les oiseaux, et parmi eux notamment les oiseaux aquatiques. Lorsque les précipitations le permettent, cette lagune abrite l'une des plus importantes colonies de reproduction du flamant rose (*Phoenicopterus ruber roseus*) de la Méditerranée.

La réserve naturelle possède une extension de 1554 ha et la Zone de protection périphérique occupe 6689 ha. En 1983, elle fut incorporée à la liste des zones humides d'importance internationale (Convention RAMSAR) et déclarée par la suite Zone importante pour la conservation des oiseaux (SIC-ZICO).

Les activités liées à l'exploitation des ressources en eau, l'agriculture, la mise en place des infrastructures routières et les aménagements urbains ont une incidence sur la lagune.

Les principaux problèmes affectant cette lagune et qui sont abordés dans ce projet sont : la pollution par les déversements d'eaux usées urbaines ; l'assèchement des zones d'inondation saisonnière de Fuente de la Piedra et des lagunes de ses alentours (lagune de Cantarranas et petite lagune Laguneto del Pueblo) à des fins agricoles et pour la mise en place d'infrastructures routières ; la déforestation et la canalisation des ruisseaux. Ils entraînent l'érosion et le colmatage du bassin lagunaire par le déplacement de sédiments. Se pose enfin le problème de l'érosion des restes des digues de sel, qui constituent les principaux espaces pour l'établissement des colonies de reproduction des flamants roses et des larolimicoles.



Lagune de Fuente de Piedra



Vue panoramique de Fuente de Piedra

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les actions du projet ont été orientées vers l'amélioration de la qualité des eaux que déversent les stations d'épuration des eaux usées urbaines. À cette fin, des zones humides ont été récupérées et on a construit un système de canaux qui agissent comme des filtres verts. Pour réduire l'érosion et l'entrée de sédiments dans la lagune, des actions ont été menées dans les lits des ruisseaux et leurs embouchures, consistant à restaurer les entrées d'eau dans la lagune et à favoriser le repeuplement. On a effectué des actions d'amélioration dans les territoires de reproduction des flamants roses et des larolimicoles. Afin d'évaluer l'efficacité des mesures, un plan de surveillance de tous les travaux de restauration a été entrepris. Pour favoriser l'usage public de la zone, des itinéraires, des observatoires et un mirador ont été aménagés. Une journée sur les actions du Life a été organisée à l'attention de la population de Fuente de Piedra et une campagne a été menée pour faire connaître le projet Life dans la province de Malaga. Des camps de volontariat environnemental ont été organisés pour promouvoir la participation des jeunes de toute l'Espagne aux activités du projet Life.

Cinq propriétés privées ont été achetées dans le cadre du projet Life, qui représentent une surface totale de 59,11 hectares. D'autres terrains ont également été acquis par le Ministère régional de l'Environnement. Les achats ont permis de réaliser des actions de régénération des zones d'inondation irrégulière associées aux embouchures des ruisseaux de Santillan et María Fernández et aux lagunes de Cantarranas, Laguneto del Pueblo et los Juncars. Au total, plus de 120 ha de terrain de la lagune de Fuente de Piedra dédiés à l'agriculture ont été restaurés.

La lagune de Fuente de Piedra reçoit les effluents de trois stations d'épuration des eaux usées (STEP) : deux de Fuente de Piedra et une d'Humilladero. Pour la gestion et l'amélioration de la qualité des eaux des STEP Fuente de Piedra I et Humilladero, on a conditionné le secteur nord du canal du périmètre de la lagune, entre les ruisseaux del Charcón et Santillan, par la restauration du système de vannes pour la gestion de l'eau. Ce canal est occupé par des *Phragmites australis*, ce pourquoi il agit comme un filtre vert des eaux avant leur entrée dans la lagune de Fuente de Piedra.

Afin d'améliorer la qualité de l'eau déversée par la STEP Fuente de Piedra II, on a procédé à la restauration de la petite lagune Laguneto del Pueblo, dont l'extension atteint environ 2,8 ha, et qui recevait les déversements de cette station d'épuration. De là, ils étaient directement acheminés vers la lagune de Fuente de Piedra sans possibilité de contrôler le débit et engendraient des problèmes de pollution. Le projet Life a permis de récupérer la petite lagune Laguneto del Pueblo, la lagune de los Juncars et la zone de las Albinas, situées entre Cerro del Palo et la lagune de Fuente de Piedra. En vue de la gestion de l'eau déversée par cette station d'épuration, on a construit un réseau de canaux, où ont été plantés des *Phragmites australis*, et un système de vannes, permettant d'inonder ce complexe de lagunes, mares, prairies inondables et canaux. Ces installations améliorent également la qualité des eaux avant leur entrée dans la lagune de Fuente de Piedra. Ces actions ont permis

d'augmenter l'eau douce disponible dans ce milieu salin, remplaçant les apports des ruisseaux de Santillán et Charcón à cette lagune avant la surexploitation des aquifères qui les nourrissent. Le suivi du plan de restauration met en évidence une augmentation de la biodiversité de la zone.

Des interventions ont également eu lieu sur les ruisseaux (Santillan et María Fernández) qui déversent des eaux polluées et des sédiments directement à la lagune de Fuente de Piedra. On a procédé à la fermeture des canaux d'évacuation des eaux, la suppression des murs latéraux des lits et du canal du périmètre qui conduisaient les eaux directement dans le bassin lagunaire. Avec ces actions, les terrains situés entre Cerro del Palo, la Curva de la Vicaria et la route de Fuente de Piedra et Sierra de Yeguas ont retrouvé leur fonction de zones inondables. Ce conditionnement des ruisseaux a permis à la végétation de *Phragmites australis* d'agir comme un filtre vert, ce qui a favorisé la sédimentation des particules les plus fines durant les grandes crues, lorsque les ruisseaux débordent avant d'entrer dans la lagune. De plus, cette action agrandit la surface d'inondation de Fuente de Piedra, qui avait été réduite à des fins agricoles, de 35 ha.



Suaeda vera

La lagune de Cantarranas se trouvait asséchée par un canal de drainage qui acheminait ses eaux à la lagune de Fuente de Piedra par le ruisseau Arroyo de Los Arenales. Avec les actions de restauration 25 ha qu'occupait cette lagune ont été récupérés. On a également effectué des interventions de restauration hydrologique dans le ruisseau favorisant ainsi son débordement vers la lagune de Cantarranas avant qu'il ne se jette dans celle la Fuente de Piedra. Le système est régulé par une vanne permettant la gestion des eaux. Le repeuplement des terrains situés aux alentours de cette lagune et la construction d'un mur pour retenir les sédiments des oliveraies proches ont également été réalisés. La régénération de la végétation et la stagnation de ces terrains ont fait diminuer l'érosion de ces derniers ainsi que l'apport des sédiments du ruisseau Arroyo de los Arenales à la lagune de Fuente de Piedra. Par conséquent, le risque de colmatage a été considérablement réduit.

Afin de restaurer les habitats de nidification des flamants roses et des laramicoles, trois îlots, utilisés par les oiseaux pour la reproduction, ont été reconstruits. Les travaux on consisté à élever leur cote et à les protéger des agents d'érosion. Deux îlots flottants ont également été créés, permettant d'augmenter la surface utile de nidification et de fournir aux mouettes et aux goélands des conditions de niveau d'eau élevé pour la reproduction.

Une fois les travaux de restauration des habitats finalisés, on a procédé à des repeuplements à l'aide de végétation palustre sur les bords de la petite lagune Laguneto del Pueblo, la lagune de Cantarranas, la lagune de los Juncares, la zone de Las Albinas, les ruisseaux de Santillán et María Fernández et les systèmes de canaux. Ce repeuplement s'est effectué à l'aide de tamaris (*Tamarix africana*) et d'ormes (*Ulmus minor*). Sur les terrains non inondables le repeuplement a consisté à planter des espèces caractéristiques de la forêt méditerranéenne : chêne vert (*Quercus ilex ssp. Ballota*), aubépine (*Crataegus monogyna*), nerprun alaterne (*Rhamnus alaternus*), chêne kermès (*Quercus coccifera*), pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), etc. Des protections en plastique ont été installées sur toutes les plantes afin de les protéger des lapins.

Enfin, l'accès à la zone a été amélioré par une infrastructure faisant de l'affluence des visiteurs une activité durable, qui permette une plus grande connaissance des habitats, de la végétation et de l'avifaune de la zone. Des sentiers ont été aménagés, deux observatoires fermés et trois autres ouverts ainsi qu'un mirador et des panneaux d'information et de signalisation ont été installés. Ils permettent d'aider les usagers à s'orienter vers les sentiers et les observatoires tout en développant leurs connaissances de l'avifaune de la zone.



Restauration d'un îlot



Lagune de los Juncares restaurée



Mirador et panneau d'information

SURVEILLANCE



Lagune de Cantarranas

Un plan de surveillance de toutes les actions de restauration des habitats, d'amélioration de la qualité des eaux, de conditionnement de territoires de nidification a été mis en place. Durant la phase d'exécution, il a permis d'évaluer l'efficacité des mesures prévues et de corriger sur le moment les déficiences détectées (gestion adaptative). Une fois les actions de ce programme de surveillance terminées, celui-ci s'est poursuivi afin d'évaluer au fil du temps l'évolution des différents habitats et de mettre au point le système de gestion des apports en eau des stations d'épuration.

La participation des citoyens a constitué un autre aspect pris en considération avant et pendant le projet Life, et dont l'on a continué à tenir compte une fois celui-ci finalisé. L'opinion des habitants de Fuente de Piedra a été prise en compte au moment de concevoir les actions, et en particulier celle des personnes âgées qui pouvaient apporter des connaissances sur la lagune et les zones à restaurer. Dans ce but, une journée a été organisée avec les personnes âgées de Fuente de Piedra. Le programme de volontariat environnemental a également permis la participation de bénévoles, qui ont collaboré aux travaux complémentaires de restauration, de conditionnement des habitats et d'usage public. Les interventions visant à diffuser les informations sur les valeurs des zones humides d'Andalousie ont été développées dans trois zones humides du projet : les lagunes du sud de Cordoue et de Fuente de Piedra, ainsi que les marais littoraux de l'Odiel.

Pour plus d'informations : www.cma.junta-andalucia.es



Flamant rose



Laguneto del Pueblo

Lagunes de La Nava et Boada

Projet LIFE-Environnement, « Lacs vivants : gestion durable des zones humides et des lagunes steppiques », LIFE00/ENV/D/000351.

Exécution : 1991-2004.

Localisation : Espagne.

Bénéficiaire : Global Nature Fund (GNF)

La lagune de la Nava faisait partie de l'espace appelé « Mar de Campos », qui jusqu'aux années 1940 était l'une des zones humides les plus étendues d'Espagne, mais à cette époque elle fut asséchée pour la mise en culture et l'exploitation de ses pâtures. La lagune restaurée occupe actuellement 300 ha. Elle a été recolonisée immédiatement après sa restauration, par, précisément, jusqu'à 224 espèces d'oiseaux.

Pour sa part, la lagune de Boada est une zone humide dont les caractéristiques écologiques sont très similaires à celles de la Nava. Les deux lagunes se trouvent à seulement 11 km de distance. Actuellement, plus de 60 ha de zone humide sont inondés et elle est devenue l'un des espaces de nidification les plus importants d'Espagne pour une multitude d'oiseaux aquatiques.

L'assèchement pour la mise en culture et l'exploitation des pâtures constituaient les principaux problèmes de la zone humide. Ces phénomènes ont entraîné la perte de la qualité de l'eau, la dégradation de la végétation, la perte d'habitats et d'espèces, l'accès incontrôlé et la mise en place d'activités agricoles incompatibles avec la conservation des lagunes.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les ouvrages hydrauliques réalisés sur le ruisseau « Lobera » sont une des actions menées pour améliorer la qualité de l'eau. Ils ont permis l'inondation et le maintien d'un niveau d'eau approprié dans la zone humide de Boada, la création de zones tampon qui agissent comme des zones « bandes de filtres végétaux » ou « zones d'amortissement » (36 hectares, 19 dans la lagune de Boada et 17 dans celle de Nava) tant dans les terres situées dans les alentours des lagunes que sur les chemins et les bords des ruisseaux. Afin de réaliser cette action on a utilisé des espèces qui vivent naturellement dans les alentours des zones humides, comme les peupliers blancs (*Populus alba*), les peupliers noirs (*Populus nigra*), les ormes (*Ulmus minor*) ou de petits arbustes comme les aubépines monogyne (*Crataegus monogyna*) et les rosiers sauvages (*Rosa sp.*), etc. A total 16 460 arbres et arbustes appartenant à 23 espèces végétales ont été plantés.

À la fin du projet LIFE, un by-pass a été construit pour empêcher l'entrée des eaux usées dans la lagune de Boada. Cette dernière action a été financée dans son intégralité par la Confédération hydrographique du Duero.

Différents ouvrages et travaux de gestion se sont avérés nécessaires pour garantir la régénération hydrique du bassin lagunaire de La Nava. Le but était de permettre l'entrée à la lagune d'eau en provenance du canal de Castille et de la rivière Retortillo.

INTRODUCTION



Construction d'un by-pass pour empêcher l'entrée des eaux usées dans la lagune de Boada. Action réalisée à la suite du projet Life-Environnement financé dans son intégralité par la Confédération hydrographique du Duero.

Les travaux ont consisté en la fermeture de fossés de drainage à l'exception de ceux nécessaires à la gestion de l'eau et la construction d'un mur de rétention d'eau dans les limites prévues.

Ces actions ont permis la récupération et l'inondation de 150 ha agissant comme une lagune ainsi que de 150 ha qui sont inondés de manière temporaire pour encourager le développement des pâtures et leur utilisation ultérieure par les éleveurs de Fuentes de Nava. De cette manière, la restauration est en accord avec le maintien d'une activité économique importante dans la commune.



Travaux destinés à la création de bandes d'arbustes qui agissent comme une zone tampon dans La Nava

SURVEILLANCE



Héron cendré

L'achat et la location de terrains et les indemnités aux agriculteurs ayant subi des dommages sur leurs propriétés suite aux inondations de la zone humide ont permis l'acquisition de 10 ha de terres appartenant au bassin lagunaire ou aux abords de la zone humide de Boada. Sur les terrains agricoles achetés et dans d'autres zones adjacentes aux lagunes, on a fait le choix de laisser en friche et de ne pas reboiser l'espace, favorisant ainsi l'apparition de la végétation naturelle. De manière expérimentale, des plantations de chardon (*Cynara cardunculus*) ont été effectuées. Il s'agit d'une espèce disposant d'un système racinaire pivotant profond, capable d'absorber une partie importante des nutriments dérivés des cultures agricoles, tout en retenant les apports de sédiments provenant du ruissellement.

Les travaux effectués, associés aux campagnes de baguage et aux recensements des oiseaux, ont démontré l'importance ornithologique de ces lagunes. Le projet a permis la restauration de 307 hectares de restauration de zones humides. Environ la moitié a été maintenue comme lagune steppique, l'autre moitié étant consacrée à l'utilisation des pâtures par les éleveurs dans la région.

Enfin, la création de nouvelles infrastructures à usage public (observatoire des oiseaux, centres d'accueil pour les visiteurs) génère des ressources économiques intéressantes, issues principalement du tourisme. Cette activité permet également la conservation environnementale de la zone.

Pour plus d'informations : <http://www.globalnature.org/>



Bandes d'arbustes agissant comme une zone d'amortissement dans la lagune de La Nava

Lagune de Gallocanta

Projet LIFE-Nature, « Restauration, conservation et gestion de la lagune de Gallocanta-ReCoGeSAL », LIFE99/NAT/E/006405.

Exécution : 2000-2003.

Localisation : Espagne.

Bénéficiaire :

Association des guides de la lagune de Gallocanta - Agla

La lagune de Gallocanta est située à 1000 m d'altitude au sud-ouest de la province de Saragosse, dans un bassin endoréique étendu causé par l'effondrement tectonique d'un secteur du système ibérique. Elle est considérée comme la plus grande lagune naturelle d'Espagne.

La lagune occupe 1 400 ha des 53 600 que compte tout le bassin. Ses eaux peu profondes sont salées et leur niveau varie périodiquement en cycles de plusieurs années. Durant certains étés, la lagune peut rester sèche et couverte d'une croûte de sel.

Elle est déclarée en Aragon Refuge de la faune sauvage (Décret 69/1995, du 4 avril, de la Députation générale d'Aragon), Zone importante pour la conservation des oiseaux -ZICO- (Directive 79/409/CEE) et est incluse dans la liste des zones humides d'importance internationale (Convention Ramsar).

L'assèchement (le Prado de las Cuerlas est allé jusqu'à s'assécher complètement) et l'utilisation par la suite comme terres de culture intensive ont entraîné des problèmes de pollution, d'érosion et des altérations sporadiques de la zone d'occupation de *Puccinellia pungens*, espèce endémique menacée.

Ce projet a été développé sur une série d'habitats situés à proximité de la lagune de Gallocanta :

1. La zone humide temporaire du Prado de las Cuerlas. Il possède un gradient d'eau salée à eau douce, depuis les rives de la lagune jusqu'à l'extérieur. C'est la zone humide comptant la plus grande extension des rives de la lagune de Gallocanta.
2. Les prés salés de La Pradina. C'est un endroit situé sur la rive ouest de la lagune de Gallocanta et caractérisé par un sol humide, parfois gorgé d'eau et un peu salé, sur lequel se forme une couverture de végétation halophyle. Il est situé dans la zone intermédiaire entre la lagune salée et le sol contenant de l'eau douce. Il est fréquemment inondé ou présente une humidité élevée, mais en raison de l'aridité l'eau s'évapore rapidement, précipitant les sels et formant des croûtes et des efflorescences salines.
3. Les zones humides temporaires. Il s'agit d'un ensemble de zones qui reçoivent des décharges d'eau souterraine, ou associées à des flux d'eau superficielle diffuse ou canalisée lors de périodes de pluies intenses.

INTRODUCTION

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Pour atteindre les objectifs de conservation et de restauration, on a procédé à l'achat de terrains (58,56 ha, dont 10 ont été cédés) d'un grand intérêt pour la conservation tout en étant peu productifs du point de vue agricole.

Les travaux de restauration ont consisté à recoloniser à l'aide d'espèces indigènes, récupérer des étangs temporaires qui existaient dans le passé et remplir partiellement un fossé de drainage, ce qui a permis d'améliorer les conditions d'humidité du sol. Plus précisément, les actions mises en place dans chacun des habitats susmentionnés ont consisté en :
La restauration du Prado de Las Cuerlas : diminution du drainage, abaissement de terrain pour apporter une plus grande humidité et récupération d'anciens étangs temporaires.

La restauration des prés salés : décompactage et nivellement du terrain. Afin de récupérer les populations de *Puccinellia pungens* sur les terrains agricoles abandonnés (La Pradina), le meilleur traitement a consisté en l'évolution naturelle de cette espèce, suite à un petit traitement physique du terrain.
La restauration des zones humides temporaires : après l'adaptation du terrain qui a nécessité le passage d'un cultivateur pour casser et désagréger les billons et deux passages de rouleau pour compacter et niveler la surface du sol affectée, on a procédé à la plantation d'arbres et d'arbustes.



Lagune de Gallocanta



Lagune restaurée avec de l'eau



Travaux de restauration d'une lagune asséchée



Plantation dans une lagune restaurée



Remplissage de drainage

SURVEILLANCE

Le contrôle et la surveillance des travaux de restauration effectués ont consisté à recueillir et analyser des échantillons de sols et d'eau, réaliser des contrôles de végétation (surveillance de la colonisation des espèces de pré salé et de zone humide temporaire, mesure de la couverture, etc.) et un échantillonnage des terrains du projet pour connaître la suite de la colonisation végétale.

Les actions réalisées ont permis d'atteindre les objectifs fixés, preuve en est l'augmentation de certaines populations d'oiseaux (Outardes) qui se rendent dans les zones restaurées.

Pour plus d'informations : <http://www.recogosal.org/>



Grue cendrée

Projet Zones humides durables

Projet LIFE - Environnement « Gestion intégrée de l'agriculture dans l'environnement des zones humides d'importance communautaire » (Projet LIFE04 ENV/E/000269).

INTRODUCTION

Exécution : 2004-2007.

Localisation : Espagne.

Bénéficiaire : Association agraire des jeunes agriculteurs de Séville (ASAJA-Séville).

La mise en œuvre d'une agriculture de conservation implique des avantages aussi bien d'un point de vue agricole qu'environnemental, puisqu'elle contribue à réduire au minimum l'altération de la structure du sol, de la composition et de la biodiversité naturelle, l'érosion et la dégradation, ainsi que la pollution des eaux. Elle entraîne des effets positifs sur les cultures et l'avenir de l'activité agricole.

Le domaine d'action du projet se trouve dans l'environnement des zones humides endoréiques d'importance communautaire suivantes, appartenant à la province de Séville : complexe endoréique de Lebrija-Las Cabezas, complexe endoréique d'Utrera, complexe endoréique d'Osuna-Lantejuela et lagune de Gosque (Martín de la Jara). Différentes formules permettant une plus grande compatibilité entre agriculture et environnement y ont été développées.



Ensemencement direct à côté de la lagune de la Cigarrera

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

La mise en place de ces techniques a permis d'atteindre les objectifs suivants : réduire les pertes du sol causées par l'érosion, en comparaison avec les techniques conventionnelles de gestion du sol agricole, réduire le colmatage des zones humides par les sédiments, augmenter la productivité primaire et secondaire des zones humides suite à l'augmentation de la transparence des eaux, récupérer les niveaux phréatiques et sensibiliser les agriculteurs aux techniques d'agriculture durable et au réseau Natura 2000.



Comparaison des parcelles de démonstration dans la lagune de Zarracatín (Utrera)

Avant d'atteindre ces objectifs, et à titre d'étape préalable, un Système de décision virtuelle basé sur un Système d'Information Géographique (SIG) a été élaboré, à l'aide duquel chacun des complexes endoréiques a été caractérisé. Avec cette méthode, on a déterminé pour chacun d'entre eux les pratiques agricoles qui, de façon durable, permettraient d'obtenir un moindre impact environnemental. Une fois les zones optimales pour l'emplacement des parcelles sélectionnées, on a pris contact avec les agriculteurs propriétaires de la zone en question. Certains avaient déjà manifesté leur intérêt à participer au projet ; dans d'autres cas, il a fallu s'adresser directement aux propriétaires. Tous les agriculteurs participant au projet ont signé un engagement à la participation, qui comprenait aussi bien l'intérêt que représente le projet pour les agriculteurs que leur consentement pour l'accès et la mise en œuvre de techniques sur leurs exploitations.



Ouverture des Journées LIFE à Las Cabezas

SURVEILLANCE



Ensemencement direct dans la lagune de Zarracatín

Les premiers résultats de production obtenus dans les parcelles de démonstration du projet mettent en évidence la viabilité économique des techniques développées. Concrètement, on a obtenu un rendement moyen supérieur dans la parcelle de démonstration située dans le bassin de la lagune de la Alcaparrosa (Utrera) par rapport à la parcelle témoin où était pratiqué le travail du sol conventionnel.

La production obtenue, ainsi que les moindres coûts de culture, ont donc confirmé la viabilité économique, mais aussi environnementale, des techniques de l'agriculture de conservation.

Les journées organisées dans le but de promouvoir l'utilisation de techniques d'agriculture de conservation et d'agriculture écologique ont été bien accueillies par les agriculteurs, les techniciens et les responsables d'administrations et d'entités publiques et privées du secteur agricole. Il faut souligner le soutien reçu et le désir des administrations locales de participer au projet et de collaborer à l'organisation des actions de diffusion d'information prévues.

Pour plus d'informations : www.humedales.org/



Canard souchet

Lagunes de Villafáfila

Projet de récupération des « Lagunes de Villafáfila ».
Gouvernement régional de Castille et León.

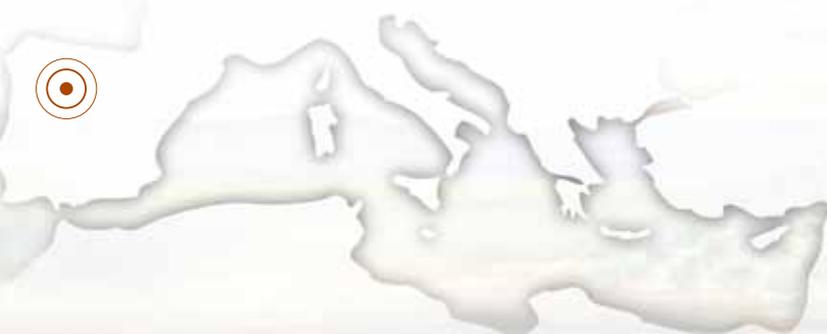
Exécution : Depuis 1986.

Localisation : Espagne

La Réserve des lagunes de Villafáfila (Zamora), est située au nord-ouest de l'Espagne. Elle occupe 32 682 hectares, et comprend deux écosystèmes très distincts : le complexe lagunaire, qui occupe environ 700 hectares, et la pseudosteppe céréalière qui occupe plus de 30 000 hectares. En raison de la grande richesse de sa faune, en l'an 2000 elle a rejoint le réseau Natura 2000, en tant que Zone importante pour la conservation des oiseaux (ZICO) et Site d'intérêt communautaire (SIC).

Les problèmes de cette zone humide comprennent : l'assèchement des lagunes, les processus de colmatage, la diminution de la végétation palustre, les déversements, la chasse non contrôlée et le pillage des nids, l'introduction d'espèces allochtones, le faible succès en matière de reproduction de certaines espèces, l'augmentation de la pression touristique et l'altération des caractéristiques de l'eau.

INTRODUCTION



Lagune Grande du complexe des lagunes de Villafáfila

MÉTHODOLOGIE, PROCÉDURE ET SURVEILLANCE

Les problèmes et les actions réalisées pour y remédier ont été les suivants :

Assèchement des lagunes. La récupération des lagunes asséchées a été obtenue grâce à la création de digues dotées de vannes, qui servent de déversoirs. Une échelle de cyprinidés a également été construite pour permettre l'accès de ces poissons au complexe lagunaire. On a également procédé à la construction d'îles et à la récupération de la végétation. Les lagunes installées sur des terrains privés n'ont pas pu être récupérées faute d'accord avec les propriétaires.

Colmatage des lagunes. Face à l'impossibilité de réaliser la gestion de tout le bassin hydrographique du ruisseau Salado, on a adopté des mesures partielles comme la construction de bassins de décantation, dont la réussite s'est avérée faible en raison du régime torrentiel de la zone. Cette action a été élaborée parallèlement à un programme d'acquisition de terres des zones situées autour des lagunes, pouvant permettre à l'Administration une gestion adéquate de celles-ci.

Chasse non contrôlée et pillage de nids. La solution retenue a été l'interdiction de la chasse et le développement de la surveillance. D'autre part, pour éviter la perte de nids de certaines espèces subissant des niveaux élevés de prédation, on a construit de nombreux îlots de nidification, qui ont été recouverts d'une couche de terre végétale et sur lesquels on a planté un mélange de quatre espèces de plantes herbacées résistantes à la salinité. Bien que la salinité et la mauvaise qualité du terrain aient empêché le rétablissement de la végétation des îlots, le succès de reproduction de certaines espèces a considérablement augmenté depuis l'utilisation des îlots. Afin d'augmenter l'isolement, une île circulaire de 1,5 ha été créée à l'intérieur de la lagune Grande, entourée d'un anneau protecteur de 30 m de large et de 1 m de profondeur.



Pigeonnier pour l'observatoire d'oiseaux dans le centre d'interprétation



Pigeonnier dans la lagune Grande



Avocette élégante

Brûlage de la végétation palustre. On a commencé par des brûlages contrôlés, ce qui a permis de sauver les nids, de satisfaire la population locale et de réduire le processus de colmatage. Par la suite on a procédé à la récolte et au brûlage postérieur de la végétation des lagunes, afin de favoriser la régénération naturelle. Celle-ci ne s'est pas produite en raison d'une sécheresse prononcée et d'une occupation massive des lagunes par les oies.

Disparition de la végétation palustre. Pour régénérer le typha, on a procédé à la création de zones légèrement plus profondes que celles existantes. Un système de lagunes-îles a été créé (en tirant profit du lit de l'ancien drainage) ainsi qu'un anneau de protection d'une colonie de limicoles. Etant donné que le repeuplement de typha ne s'est pas produit de manière efficace, des analyses de la quantité d'herbicides et autres pesticides qui arrivent aux lacs, ainsi que de l'effet du sel sur la végétation, ont été effectuées.

Déversements urbains. On a construit une station d'épuration à Villafáfila qui collecte les eaux urbaines qui pourraient arriver à la lagune Grande. Cette station d'épuration est actuellement en fonctionnement. D'autre part, pour analyser les changements dans les caractéristiques de l'eau, une série d'études a été lancée afin de déterminer l'ampleur de ces changements et leurs répercussions possibles sur l'écosystème lagunaire.

Tourisme non contrôlé. Un plan des usages publics de la réserve a été établi. Il comprend la construction d'un centre de visiteurs, un observatoire, une signalisation appropriée, la création d'une petite lagune visible depuis la route, la fermeture de chemins à l'exception de ceux dédiés à l'utilisation agricole.

Colmatage par des décombres. On a procédé à l'enlèvement des décombres, les accumulant à l'une des extrémités et les recouvrant de terre. De plus on a effectué la clôture de la zone à l'aide de poteaux en bois, pour empêcher le passage des tracteurs munis de remorques.

Barrières pour la faune. L'existence d'un mur de terre à proximité de la lagune Grande empêchait la présence de populations d'oiseaux. L'achat du terrain, la suppression des murs, la conversion de la zone en une île et la création d'un espace de profondeur ont permis d'obtenir l'accueil d'une population importante d'oiseaux aquatiques.

Introduction d'espèces allochtones. Le poisson-chat (*Ictalurus melas*) et le crapet-soleil (*Lepomis gibbosus*) ont été introduits en 1986. Plusieurs méthodes ont été utilisées pour procéder à leur élimination, notamment la pêche électrique, mais aucune n'a fonctionné. Bien que les deux espèces se soient répandues à travers la province, l'influence sur les lagunes a été faible. L'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*), espèce originaire de Louisiane (Etats-Unis), a été localisée dans la lagune Grande. Des échantillonnages annuels sont menés sur l'espèce pour détecter sa possible propagation.

Zones humides de Villacañas

Projet LIFE-Nature : « Zones humides de Villacañas », LIFE99NAT/E/006339.

Exécution : 1999-2002.

Localisation : Espagne

Bénéficiaire : Fondation 2001 - Global Nature

Les lagunes de Villacañas sont un ensemble de lagunes salines saisonnières, dont le niveau d'eau, aussi bien intraannuel qu'interannuel, est très fluctuant. Les sols entourant les lagunes sont salins, et présentent une grande richesse en sulfate de magnésium.

Le projet se déroule sur trois lagunes principales : Tirez, Peña Hueca et la lagune Larga. Et deux plus petites, situées dans l'environnement de cette dernière : la lagune de Los Santos ou Redondilla et celle de La Gramosa. L'ensemble occupe environ 300 ha dans la commune de Villacañas, Tolède.

Ses valeurs écologiques principales résident dans la richesse de son avifaune, car elle constitue une zone d'hivernage, de passage et de reproduction pour de nombreuses espèces en danger d'extinction, et dans la végétation typique des terres salines qui les entourent. Celle-ci compte notamment les formations du genre *Limonium* et *Lepidium cardamines*, toutes deux menacées.

Les causes de leur dégradation sont nombreuses et variées. Parmi elles se trouvent notamment la transformation de la végétation par l'agriculture, l'augmentation de l'érosion, la pression touristique et l'accès non contrôlé, le surpâturage, la chasse et la pêche excessives, la pollution et l'accumulation de décombres, l'eutrophisation et la dégradation des marges des lagunes par l'extraction de sels.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

La lagune de Peña Hueca ainsi que des terrains situés en bordure sud-ouest de la lagune Larga ont été achetés dans le but de restaurer la zone. Par la suite, on a procédé au retrait des gravats et des déchets de la zone, à des plantations et à la remise en végétation des rives et des prairies salines. Une réserve botanique a également été délimitée, en fermant plusieurs accès à la lagune pour éviter la destruction de la flore.

Pour assurer la nidification des sternes hansel (*Geochelidon nilotica*), 4 îles de nidification flottantes et 2 clôtures électriques ont été installées. Elles entourent une surface d'environ 4 hectares.

Deux gardes ont également été embauchés pour assurer la surveillance des lagunes. Les recensements effectués ont révélé que les travaux ont permis une amélioration dans la reproduction des espèces comme les sternes hansel (*Geochelidon nilotica*) ou partiellement les glaréoles à collier (*Glareola pranticola*).

INTRODUCTION



Réserve botanique

Pour éviter les problèmes d'eutrophisation, on a construit un système FMF (Filtre de Macrophytes en Flottaison). Il s'agit d'un système de filtration naturelle qui permet de réaliser un traitement tertiaire des eaux en provenance de la station d'épuration de Villacañas que reçoit la lagune Larga. Les macrophytes qui ont été plantés sont des massettes (*Typha latifolia*) et d'autres espèces des genres *Scirpus*, *Phragmites* et *Sparganium*. Tout au long du projet, un échantillonnage mensuel a été réalisé sur cinq points de la lagune Larga de Villacañas, les analyses portant sur 20 paramètres de la qualité de l'eau. Une légère amélioration a été détectée, ainsi qu'une réduction de l'eutrophisation et l'absence de polluants toxiques.

Le by-pass mis au point par la Confédération hydrographique du Guadiana a constitué une autre mesure relative à l'amélioration de la qualité de l'eau. Il a permis d'éviter l'évacuation de l'eau traitée à la lagune et de relier des égouts d'un petit noyau industriel au réseau qui se déverse dans la station d'épuration du village.

SURVEILLANCE



Mise en place d'ilots



Observatoire



Décombres au nord des lagunes avant les travaux de récupération

Panneau d'information sur les oiseaux nicheurs

Les arrangements de compensation conclus avec les agriculteurs et les éleveurs ont revêtu diverses formes : cession altruiste de terrains, versement de compensations pour éviter le labourage de terres en jachère où la glaréole à collier procède à sa nidification, rédaction d'un projet de reboisement pour l'un des particuliers, etc. Cependant, il n'a pas été possible de travailler sur la lagune de Tirez, faute d'accord avec l'un des propriétaires. Les actions de fermeture de fossés de drainage et la restauration des rives affectées par l'extraction de sel n'ont donc pas pu être menées à bien.

Un programme agro-environnemental de zone visant à résoudre les problèmes environnementaux qui affectent les zones humides de Villacañas a été réalisé. On en a conclu que l'abandon de cultures constituait la mesure agro-environnementale la plus bénéfique, ce qui fut inscrit dans le Programme agro-environnemental pour la Castille-La Manche.

Pour plus d'informations : www.fundacionglobalnature.org/



Échasse blanche

Aves invernantes

La Península Ibérica es un lugar de paso obligatorio para miles de aves acuáticas nidificantes en el Norte de Europa, y que todos los años deben surcarla en busca de sus zonas de invernada, en el sur de España y en los humedales costeros del vecino continente africano. Desde marzo a mayo tiene lugar el paso prenupcial. En este período se pueden observar limícolas, zampullines, patos o gaviotas. El paso postnupcial, de julio a septiembre, es menos intenso en los humedales de interior peninsular como la Laguna Larga.

Flamenco
Phoenicopterus ruber

Proyecto LIFE para la restauración de los humedales de Villacañas

Logos: esparvel, LEYER, FABERGÉ, LIFE, and the European Union flag.

Lagunes du sud de Cordoue

Projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055.

INTRODUCTION

Exécution : 2003-2006.

Localisation : Espagne.

Bénéficiaire : Ministère régional de l'Environnement du Gouvernement d'Andalousie.

Situées dans la campagne de Cordoue et entourées de terrains dédiés à la culture de l'olivier et de la vigne, cet ensemble de zones humides endoréiques, dont la principale source d'alimentation provient des eaux souterraines, fait partie de la ZICO appelée Lagunes du sud de Cordoue. Les terres entourant ces lagunes sont destinées à l'agriculture, ce pourquoi les principales menaces sont liées à leur emplacement (pollution par l'utilisation de produits phytosanitaires qui atteignent les lagunes à travers les bassins versants, colmatage lié au manque de protection des sols, érosion, etc.)

Dans le cadre du projet LIFE « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », différentes actions ont été menées dans quatre lagunes saumâtres, dont deux présentent un régime hydrologique permanent : lagune Amarga et lagune del Rincón, et deux lagunes saisonnières : lagune Dulce et lagune de Santiago. Ces dernières, asséchées à des fins de culture, ont été acquises par l'administration régionale en vue de leur restauration.

Bien qu'actuellement l'assèchement ne représente pas une menace, il existe d'autres problèmes qui affectent ces zones humides. En ce qui concerne la lagune Amarga et ses environs (lagune Dulce), les problèmes résident dans la déforestation, l'érosion et le déplacement de sédiments provoqués par le manque de protection du sol de la zone d'olivieraie des versants à forte pente.

Dans les lagunes del Rincón et de Santiago, le drainage, l'extraction excessive d'eau souterraine, la déforestation et dans une moindre mesure l'érosion et le colmatage par déplacement de sédiments constituent les problèmes les plus sérieux.

Malgré de nombreuses études réalisées sur ces lagunes, il y avait un manque d'information sur divers aspects de leur hydrogéologie. Pour compléter les informations requises, une étude hydrogéologique sur les lagunes del Rincón, Santiago, Amarga et Dulce a été élaborée dans le cadre de ce projet LIFE. Elle a fourni un outil important pour leur gestion et leur conservation. Des inventaires de points d'eau, de photogéologie, géologie de détail, géophysique (réalisation de sondages électriques verticaux et prises de résistivité dans les puits ou sondages en exploitation), sondages d'exploration et d'équilibre hydrogéologique, ainsi que des piézomètres et des stations météorologiques ont été inclus à cette étude.



Élaboration des études hydrogéologiques



Lagune Amarga

MÉTHODOLOGIE, PROCÉDURE ET SURVEILLANCE

Dans le cadre de l'étude hydrogéologique des lagunes du sud de Cordoue, tous les lieux qui permettent l'accès aux eaux souterraines ou qui peuvent fournir des informations hydrogéologiques de la zone ont été identifiés, localisés et visités. L'élaboration de l'inventaire a permis de connaître les matériaux des aquifères ou aquitards, la situation des niveaux piézométriques, les volumes extraits et les principales utilisations de l'eau souterraine dans cette zone. Dans certains cas des données présentant un intérêt géologique et hydrogéologique ont été obtenues, telles que les colonnes lithologiques, le comportement face aux extractions, les oscillations de niveau, etc.

Pour lutter contre les problèmes causés par le déplacement de sédiments dans la lagune Amarga, on a procédé à l'achat de 10,98 hectares de terrain à forte pente. Il s'agissait d'une zone de propriété privée destinée à un usage agricole, qui était située très près de la nappe d'eau. Par la suite, le repeuplement du terrain agricole a été effectué à l'aide de végétation méditerranéenne autochtone afin de créer une couverture qui implique la protection du sol face à l'érosion tout en diminuant le risque de colmatage. Les travaux de repeuplement à l'aide de bosquets permettent d'augmenter la capacité de rétention d'eau et d'infiltration avec la diminution conséquente des ruissellements superficiels. Ils ont consisté à planter des espèces aux caractéristiques différentes de la zone comme le chêne vert (*Quercus ilex* ssp. *Ballota*), l'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*), l'aubépine noire (*Rhamnus lyciodes* ssp. *oleoides*), le nerprun alatern (*Rhamnus alaternus*), le chêne kermès (*Quercus coccifera*), le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), etc. En plus de ces espèces, un grand chêne a été planté dans le centre de chaque bosquet.



Protecteurs individuels du repeuplement dans la lagune de Santiago



Amoncellement de terre et création de l'îlot dans la lagune de Santiago



Chêne dans le centre de l'un des bosquets



Ravine provoquée par l'érosion dans l'environnement de la lagune Amarga



Digue de maçonnerie de gabion pour la correction de la ravine dans la lagune Amarga

Malvasia (Oxyura leucoptera)



Erismature



Lonicera sp

Pour protéger ces bosquets des lapins, un filet de protection contre les rongeurs, en acier galvanisé et en forme de L à son extrémité inférieure, a été installé.

Une fois la plantation effectuée, une série de travaux d'entretien a débuté afin d'en assurer la survie. Ces activités comprenaient notamment des arrosages périodiques, car cette année-là une grande partie de la plantation risquait d'être perdue en raison de la sécheresse.

Enfin, deux petites digues de maçonnerie de gabion ont été mises en place dans la ravine principale qui traverse la propriété, pour permettre le contrôle de l'érosion le long de ce ruisseau. Les actions réalisées dans la lagune de Santiago ont eu pour objectif de rétablir la situation d'origine de cette zone avant son drainage à des fins agricoles. Tout d'abord, une excavation du bassin lagunaire a été effectuée à différentes profondeurs, la terre extraite étant accumulée dans un espace de l'intérieur du bassin lagunaire afin de créer un îlot qui serve de refuge aux oiseaux qui nichent dans la zone.

Après avoir récupéré le régime hydrologique, on a procédé à un repeuplement de la rive le long de toute la ceinture périlagunaire qui avait complètement disparu. Des espèces caractéristiques des rives ont été utilisées dans le cadre de ce repeuplement, celles-ci étant réparties en ceintures selon leurs exigences hydriques. Les espèces suivantes ont été utilisées : *Tamarix* (*Tamarix africana*, *Tamarix canariensis* ou *Tamarix gallica*), saules (*Salix alba*, *Salix purpurea* ou *Salix atrocinerea*), peupliers noirs (*Populus alba* et *Populus nigra*) ; et plus à l'extérieur de la lagune des frênes (*Fraxinus angustifolia*) et des ormes (*Ulmus minor*).

D'autre part, afin d'encourager l'usage public dans la zone, on a construit une petite tour observatoire permettant aux visiteurs d'observer les oiseaux aquatiques, tout en garantissant une interaction minimale avec ces derniers, en installant une séparation en rondins de bois au bord de la lagune del Rincón. Un sentier signalisé qui entoure la lagune del Rincón a également été aménagé. Il permet d'accéder à la séparation et à la petite tour observatoire et vient compléter l'installation de panneaux d'information qui fournissent des renseignements sur l'avifaune de la zone et les processus de récupération des zones humides. Enfin, la sensibilisation de la population par des campagnes de diffusion sur les valeurs écologiques, socio-économiques, historiques et culturelles des zones humides d'Andalousie a été commune aux trois zones humides de ce projet Life : Fuente de Piedra, marais littoraux de l'Odiel et lagunes du sud de Cordoue.

Pour plus d'informations: www.cma.junta-andalucia.es

Mares temporaires de Minorque

Projet LIFE-nature « Conservation et gestion des mares temporaires méditerranéennes à Minorque », LIFE05 NAT/E/000058.

Exécution : 2005-2008.

Localisation : Espagne.

Bénéficiaire : Consell Insular de Menorca

Les zones humides temporaires sont répandues dans le milieu méditerranéen. Il s'agit d'habitats définis comme prioritaires dans la Directive Habitats, et leur restauration et gestion appropriée sont essentielles à leur conservation. Ce projet vise la conservation à long terme d'un total de 26 mares temporaires méditerranéennes présentes sur l'île de Minorque.

Les caractéristiques des étangs temporaires (petites dimensions, faible profondeur et répartition restreinte) rendent ces écosystèmes particulièrement vulnérables. D'autres part, ils sont affectés par des actions anthropiques favorisant leur dégradation, tels que des pratiques agricoles inadéquates, des excès de pâturage et de végétation, des accès routiers non contrôlés, la présence d'espèces exotiques, la détérioration du système de clôture, habituellement à mur sec, le drainage, la chasse, le développement urbain, le remplissage de l'espace inondable et le manque de connaissance du milieu.

INTRODUCTION



Exemple d'étang temporaire sur des sols siliceux paléozoïques

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Afin de contrôler et d'éradiquer ces menaces, les actions suivantes ont été planifiées :

- Définir un modèle complet de gestion pour ce type d'habitats par l'élaboration de plans de gestion.
- Réaliser une étude approfondie de la dynamique et de l'évolution de ces habitats afin d'en améliorer les connaissances.
- Restaurer et récupérer les mares temporaires dégradées et celles disparues.
- Informer et sensibiliser la population sur l'importance de conserver ces habitats prioritaires.

La coordination avec les propriétaires des étangs, maintenue depuis le début du projet, est indispensable pour garantir des conditions favorables qui permettent leur bon état de conservation.

Les plans sont destinés à constituer un élément d'étude et de planification des mares. Avant la réalisation de ces plans, on a mis au point une classification des étangs en fonction de la géologie du sol ou de la géomorphologie. 6 types différents ont été identifiés (étangs sur sols argileux calcaires, étangs sur sols profonds, étangs sur sols rouges, étang sur substrat rocheux, étangs sur schiste et étangs peu profonds du littoral). De cette façon, il est possible de concevoir un plan de gestion pour chacun d'entre eux.

Le contenu minimal de ces plans de gestion est le suivant :

- Délimitation du milieu territorial objet de l'aménagement.
- Description et interprétation des caractéristiques physiques et biologiques.
- Définition de l'état de conservation des ressources naturelles, interactions qui s'y produisent, usages qui en sont faits et élaboration d'un diagnostic et d'une prévision de la future évolution.
- Détermination des limites générales et spécifiques en ce qui concerne les usages qui peuvent y être développés tout en garantissant leur conservation.

SURVEILLANCE

L'excès de végétation arbustive à proximité d'un étang temporaire peut engendrer des problèmes d'eutrophisation des eaux. Dans les cas où cette prolifération excessive de la végétation était causée par l'abandon de l'élevage, on a choisi de défricher et de débroussailler l'espace à l'aide de méthodes manuelles et mécaniques.

Au contraire, dans les cas où le pâturage continu de bétail ou l'incidence directe des pratiques agricoles agressives (défrichage continu, billonnages profonds, etc.) provoquait une altération de l'habitat, des systèmes de fermeture ont été adaptés et on a procédé à la restauration des structures de clôture traditionnelle qui étaient endommagées.

L'accès non contrôlé et l'excès d'affluence de visiteurs affectaient notamment les étangs côtiers temporaires. Dans ces cas, on a choisi de supprimer la présence de ces menaces à l'intérieur de l'étang ou dans sa zone d'influence, à travers l'élaboration d'une proposition en vue de sa régularisation.

L'élimination du système de drainage dans les cas où il représentait une menace pour ces écosystèmes fragiles a également été proposée. Le drainage à travers des canaux d'irrigation et des canaux creusés dans le sol a été l'une des méthodes les plus utilisées pour assécher les espaces inondés et en tirer profit pour la culture. Il a entraîné la disparition de l'habitat.



Impact de l'accès routier sur un étang temporaire



Travaux d'échantillonnage dans un étang temporaire sur sol rouge

La prolifération des espèces exotiques envahissantes constitue une autre menace pour les mares temporaires. Elles provoquent des effets dévastateurs sur la faune et la flore. Les actions prévues dans le projet sont le contrôle et l'élimination des espèces exotiques envahissantes, ainsi que le développement d'activités de surveillance appropriées pour en réaliser le suivi une fois éradiquées.

Enfin, le fait que la population n'ait pas conscience de l'importance de ces habitats dans la préservation de la biodiversité, ni de leur fonctionnement ou des raisons pour lesquelles ils sont considérés comme des écosystèmes vulnérables favorise les activités qui mettent en danger leur conservation. Pour cette raison, il est essentiel de développer une série d'actions de sensibilisation (expositions itinérantes, cycles de conférences, panneaux de signalisation et d'information, salle pédagogique, etc.) qui, parallèlement à des actions directes de conservation de ces habitats prioritaires, permettent de faire connaître leurs valeurs et d'impliquer la population dans leur conservation.

Pour plus d'informations : <http://www.cime.es/lifebasses/es/index.php>

Lagunes temporaires méditerranéennes

Projet LIFE-Nature « Conservation des lagunes temporaires méditerranéennes », LIFE99 NAT/F/006304.

Exécution : 1999-2004.

Localisation : France

Bénéficiaire : Fondation Sansouire, Station Biologique de la Tour du Valat

Ces écosystèmes aquatiques sont caractérisés par la fluctuation du régime hydrique qui alterne des périodes de sécheresse avec des périodes d'inondation, la variabilité de la salinité (d'eau douce à salée) et la grande diversité des communautés végétales et animales qu'ils abritent. L'inondation de ce type de lagunes est conditionnée par l'accumulation des eaux de surface ou subsuperficielles qui s'accumulent dans des dépressions installées sur des substrats imperméables.

L'objectif de ce projet est de conserver sept lagunes temporaires méditerranéennes situées dans trois régions de France : Roque-Haute, Etang de Vallguières, Notre Dame de l'Agenouillade, Padulu, Besse & Flassans, Colle du Rouet et Plaine des Maures. Ces lagunes sont affectées par divers problèmes : remplissage ou drainage à des fins agricoles ou urbaines, changements hydrologiques, dynamique de la végétation défavorable en raison de l'abandon des terres destinées au pâturage, etc.

INTRODUCTION



Inventaire faunistique des mares de Notre Dame de l'Agenouillade, 2001



Surveillance hydrogéologique de la mare temporaire de Vallguières

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les outils et méthodes de gestion utilisées sur ces sept sites ont permis d'atteindre les objectifs proposés et sont transférables à d'autres lagunes temporaires du bassin méditerranéen. Dans le cas de Roque-Haute, on est arrivé à une situation de blocage entre l'État et les propriétaires de terres, qui a nécessité des mesures à plus long terme. Cependant, le programme a contribué à préciser les mesures de gestion nécessaires pour résoudre ce différend avec les propriétaires.

Les actions réalisées comprennent : l'acquisition de terres, des inventaires sur la faune et la flore ainsi que sur les activités humaines exercées dans les zones d'études, des campagnes de sensibilisation de la population, la surveillance des espèces menacées, des études sur le fonctionnement hydrologique des lagunes, etc. Les travaux de débroussaillage et de retrait des mauvaises herbes, de nettoyage des cuvettes, d'élimination d'espèces exotiques envahissantes, de restauration d'une cuvette colmatée, etc., ont fait l'objet d'une surveillance attentive afin d'éviter les impacts potentiels.



Gestion expérimentale de la végétation autour d'une mare : avant/après avoir coupé la végétation

SURVEILLANCE



Étude topographique préalable à la restauration hydraulique (mare de Péguière)

Parmi les problèmes qui affectaient les lagunes et les actions menées à bien pour y remédier il faut souligner :

Le contrôle de la végétation

La temporalité de l'inondation conditionne de manière significative la colonisation végétale, limitée aux espèces capables de survivre à des périodes d'assèchement. Cela rend les communautés végétales présentes dans les mares temporaires très particulières et complexes.

Les activités de débroussaillage ont permis le rétablissement des populations d'*Isoetes setacea* dans les lagunes de Roque-Haute.

L'invasion de joncs dans la Plaine des Maures a été traitée par un décapage des horizons superficiels du sol. Ceci a contribué à la réapparition d'une espèce clé des lagunes temporaires (*Ranunculus rodiei*). Le pâturage a également été employé pour empêcher l'invasion de *Juncus conglomeratus* et de *Paspalum dilatatum*. Ceci a permis de comparer la dynamique interannuelle de la végétation dans des zones soumises à un pâturage et dans d'autres où cette pratique a été abandonnée.

Le colmatage de la cuvette

La circulation excessive provoquait l'érosion des terres et la dégradation de la végétation dans les environs de la mare de Péguière. Celle-ci était alors affectée par un processus de colmatage. La régulation de la circulation a engendré la récupération de la végétation et la diminution du processus d'érosion. Le problème de colmatage a été résolu, après des études rigoureuses de l'hydrologie, en extrayant une couche superficielle de sédiments.

Pour plus d'informations : <http://www.tourduvalat.org/>



Marsilea strigosa



Lézard ocellé

5.1 Cas d'étude

Sources



Une source se forme lorsque le niveau phréatique arrive à la surface du terrain. Ces points de décharge de l'eau souterraine dépendent de la situation géologique du lieu et produisent différents types de sources. On retrouve sous cette dénomination les sources d'eau (et leurs zones humides associées) qui se trouvent à l'état naturel ou présentant un degré d'intervention humaine modéré. L'aquifère qui alimente la source est souvent de petite taille et est de plus touché par des variations karstiques et climatiques.

Dans les régions méditerranéennes, caractérisées par une saison sèche très longue, les agriculteurs du Moyen-Orient ou du Maghreb ont toujours essayé d'utiliser les sources d'eau permanentes, y compris celles à faible débit, pour développer une agriculture irrigable. Les sources sont fréquemment utilisées comme lieux de loisirs et pour l'arrosage agricole. Les principales menaces sont l'accumulation de déchets solides, l'altération du régime hydrique et la pression des loisirs.



Fleuve Stella

Projet LIFE-Nature « Projet : sources du fleuve Stella ». LIFE98 NAT/IT/005066

Exécution : 1998-2002.

Localisation : Italie.

Bénéficiaire : Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia,
Direzione Regionale dei Parchi

Le SIC « Risorgive dello Stella » héberge la plus grande zone humide de la région Friuli-Venezia Giulia. Située entre 10 et 30 m au-dessus du niveau de la mer, elle se distingue par l'apparition de sources dans les basses tourbières alcalines qui alimentent les ruisseaux coulant de ces sources.

Le paysage se caractérise par de nombreux habitats naturels parmi lesquels se distinguent, du fait de leur inclusion à l'annexe I de la Directive 92/43/CEE, les forêts alluviales résiduelles (*Alnion glutinoso-incanae*) et les tourbières calcaires de *Cladium mariscus* et *Carex davalliana*.

Les changements subis dans la circulation et le niveau de l'eau de surface ont provoqué la baisse du niveau phréatique et la réduction de la taille de l'habitat naturel. Les engrais et les pesticides employés par l'agriculture ont contribué à la pollution des eaux et la fragmentation de l'habitat rend difficile l'échange génétique entre les populations.

INTRODUCTION



MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Tout d'abord, pour préserver les zones humides et améliorer l'habitat des espèces endémiques, 179 ha ont été achetés et 36,3 ha ont été expropriés par l'autorité compétente et incorporés au SIC « Risorgive dello Stella ».

Les actions de fauchage et de taille de la végétation, la restauration de terrains préalablement utilisés par l'agriculture et le reboisement de zones naturelles déterminées ont contribué à améliorer la biodiversité et la structure de la végétation.

SURVEILLANCE

La restauration environnementale, menée à bien sur 20 ha de terres agricoles, a consisté à semer des espèces autochtones typiques des prés inondés, à contrôler les espèces envahissantes et à créer une zone humide. Cela a permis d'arrêter l'invasion de l'habitat d'intérêt communautaire par des arbustes : prés avec des molinies sur les substrats calcaires et argileux (*Molinion caeruleae*). D'autre part, avec l'ensemencement de la végétation, l'augmentation des espèces autochtones a été favorisée, comme par exemple celle de l'*Armeria helodes* et l'*Erucastrum palustre*.

Enfin, la recréation de la forêt naturelle a été réalisée sur 14 ha où des arbres ont été plantés, améliorant ainsi la structure biologique et la diversité des espèces de flore et de faune.



Carex davalliana

Carex davalliana



Aulne

Aulne

5.1 Cas d'étude

Zones humides artificielles



On considère comme zones humides artificielles les habitats qui se sont formés ou qui ont été transformés, directement ou indirectement par l'intervention de l'homme. Il s'agit notamment des réservoirs d'eau, barrages, anciennes gravières, mares d'élevage, marais salants, ou encore de l'utilisation de zones humides artificielles pour améliorer la qualité des eaux eutrophisées ou contaminées, etc.

Ces zones humides, en plus de remplir la fonction pour laquelle elles ont été initialement conçues, agissent comme habitats de nombreuses espèces aquatiques, animales et végétales, constituant d'importantes enclaves de biodiversité.

Bien que les marais salants constituent aussi un type de zone humide artificielle, nous ne les avons pas inclus dans cette section, en raison d'une part du classement de types de zones humides de MedWet suivi (*Characteristics of Mediterranean Wetlands*. Pearce & Crivelli 1994) et d'autre part, pour le rôle irremplaçable qu'ils ont développé depuis au moins 1 000 ans dans l'ensemble du patrimoine historico-culturel des pays méditerranéens.

Les réservoirs sont des étendues d'eau produites par l'interruption d'un réseau de drainage grâce à une digue construite (les grandes digues en terre sont considérées analogues) afin de retenir l'eau. Toute la masse d'eau, son extrémité en amont et ses coudes contenant une végétation palustre y sont incluses.

Les réservoirs et les lacs ont quelques caractéristiques communes, comme par exemple les communautés aquatiques qui se développent dans leurs eaux, les cycles de mélange et de stratification des masses d'eaux stagnantes, les relations écologiques de tout écosystème des espèces avec le milieu et les oiseaux qui en bénéficient, entre autres, pour leur alimentation, nidification et leur repos.

Les réservoirs, étant des écosystèmes semi-artificiels, sont soumis à certaines tensions comme les courants d'eau longitudinaux et l'eutrophisation (environ la moitié du volume d'eau stockée a un excès en nutriments (DGOHCA 2000)).

En plus de remplir l'objectif pour lequel ils ont été construits (approvisionnement de noyaux urbains, arrosage, chute d'eau pour l'électricité, déviation d'une partie du débit vers un canal, réfrigération industrielle, laminage des crues, régulation d'autres réservoirs, etc.), les réservoirs sont utilisés à des fins récréatives et pour la pratique de sports. Les principaux impacts associés sont l'accumulation de déchets solides, la pression des loisirs et la pression du pâturage.

L'exploitation de carrières et de gravières peut être à l'origine de petites lagunes d'une grande valeur écologique, servant de refuge à beaucoup d'espèces aquatiques. Cela arrive quand, en raison de l'activité minière, le niveau phréatique est atteint. Elles sont par la suite colonisées, tout au long d'un lent processus, par différentes espèces végétales et animales qui s'adaptent au nouvel environnement. La végétation la plus fréquente dans les gravières est le roseau commun (*Phragmites australis*) qui crée de denses couvertures de végétation palustre. Ces zones humides sont souvent réhabilitées en vue de leur conservation, ainsi qu'à des fins éducatives et didactiques.

Les principaux problèmes qui touchent ce type de zones humides sont le risque de salinisation et l'emploi de ces zones humides comme décharges de déchets solides et liquides qui contribuent à l'eutrophisation de leurs eaux.



Zone humide artificielle de Tordera

Projet LIFE-Environnement « Gestion durable, à échelle locale, de l'aquifère alluvial de la rivière Tordera par la réutilisation d'eaux usées », (LIFE00 ENV/E/00539).

Exécution : 2001-2003.

Localisation : Espagne.

Bénéficiaire : Direction Générale du milieu naturel du gouvernement catalan.

Le bassin de la rivière Tordera est situé sur le versant sud-est de la sierra du Montseny. Son comportement hydrique répond à l'influence du climat méditerranéen, caractérisé par de fortes variations saisonnières qui provoquent un régime hydrologique très variable. Ce rythme saisonnier provoquant de longues périodes de sécheresse, auquel s'ajoute une capacité modérée des aquifères et la proximité de deux noyaux touristiques importants à l'embouchure de la rivière Tordera (la Costa Brava et la Costa del Maresme) a favorisé différents processus de pollution et de surexploitation des eaux.

INTRODUCTION



MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Le développement du projet Life a permis, d'une part, la récupération des niveaux piézométriques de l'aquifère par l'apport des eaux usées épurées de grande qualité et, d'autre part, la récupération de deux grandes zones humides. L'une agit comme épurateur vert et l'autre a pour fonction de permettre l'infiltration des eaux dans le sous-sol.

SURVEILLANCE



Tuyauteries pour le transport de l'eau



Panneaux solaires

Pour atteindre ce double objectif, un cycle fermé de gestion de l'eau a été créé. Tout d'abord, un épurateur vert a été construit ; il recueille les eaux préalablement épurées provenant de la STEP de Tordera, réalisant un traitement tertiaire de l'eau. La construction de cet épurateur s'est faite à partir de l'aménagement d'un ancien méandre touché par des extractions d'agrégats. Pour cela, la zone de déversement illégal a été nettoyée et une couche de matériaux (40 cm de gros gravier) y a été déposée pour éviter que l'eau ne remonte par capillarité, suivie d'un filet géo-textile perméable, de terre alluviale (20 cm), d'une couche d'argile très pure compactée (20 cm) et finalement, d'une couche de 40 cm de sable et de gravier pour faciliter l'enracinement des espèces végétales plantées. Les massettes (*Typha latifolia* et *Typha angustifolia*), le roseau commun (*Phragmites australis*) et le lys massette (*Iris pseudacorus*) sont les espèces utilisées. Cet épurateur a été conçu en pensant aux 20 000 habitants-équivalents et possède une capacité d'épuration de 2 000 m³/jour.

Ensuite, l'eau provenant de cette seconde épuration est transportée à 3 km en amont, à travers un système de 3 pompes alimentées par énergie solaire provenant de 204 panneaux solaires. Finalement, l'eau est canalisée jusqu'à une île fluviale où a été restaurée une zone affectée par des actions d'extraction, par la création d'une zone humide d'alimentation de l'aquifère remplissant trois fonctions : apporter une alimentation de l'aquifère par infiltration, constituer un nouvel espace naturel d'une grande diversité biologique et offrir un équipement de loisirs respectueux du milieu et favorisant l'éducation à l'environnement.

Parmi les aspects innovateurs de ce projet, on retrouve l'emploi d'énergies durables (énergie solaire), de technologies douces d'épuration de l'eau (filtre vert) et la recirculation en circuit fermé de l'eau. La création de ce circuit fermé et le fonctionnement depuis 2003 de l'usine de dessalement des eaux de la commune de Blanes ont permis d'économiser 26 hm³ d'eau par an qui, directement ou indirectement, se répercutent sur l'aquifère et permettent de commencer sa récupération environnementale, tant qualitative que quantitative.

Au-delà des interventions sur le milieu, un programme de diffusion a été mené à bien, comprenant notamment la création d'une brochure et de panneaux explicatifs, l'édition d'un site web et l'organisation d'une journée publique d'information ayant connu un franc succès et une forte participation.

Pour plus d'informations : <http://aquifertordera.net/>

Projet macrophytes

Projet LIFE-Environnement « Nouveaux filtres verts avec des macrophytes en flottation pour la région Méditerranée » (LIFE02 ENV/E/000182).

Exécution : 2002-2005.
Localisation : Espagne.
Bénéficiaire : Mairie de Lorca.

Le manque de stations d'épuration d'eaux usées urbaines auquel s'ajoute un fonctionnement défectueux de celles existantes fait de la pollution par déversement l'un des principaux problèmes dans les bassins méditerranéens espagnols. Dans le bassin du fleuve Segura, l'existence d'élevages porcins dont le purin ne fait pas l'objet de traitement et l'augmentation de la population touristique pendant la période estivale aggravent cette situation.

Ce projet est issu du besoin d'améliorer la qualité des eaux qui sont déversées dans le bassin. Pour cela, différents prototypes de filtres de macrophytes en flottation adaptés à diverses conditions d'effluents (purins d'élevages et déversements urbains) ont été développés. La nouveauté de cette technique réside dans la transformation de macrophytes émergents s'enracinant (comme les massettes, sparganiums ou les roseaux) en macrophytes flottants pour augmenter leur capacité d'épuration. Cette technique associe les avantages des systèmes flottants et ceux des macrophytes émergents tout en minimisant leurs inconvénients.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les difficultés qui ont surgi pendant le projet ont été causées par le manque de connaissance de la situation réelle des réseaux d'égouts et d'assainissement, ainsi que du type de déversements que peuvent éventuellement recevoir ces filtres (déchets de petites industries agroalimentaires, déchets domestiques, etc.), obligeant à réaliser des travaux d'aménagement au préalable et entraînant des retards dans le calendrier prévu. Il faut souligner l'importance de connaître a priori la situation réelle des déversements et l'état de l'assainissement de la commune ou de l'industrie à traiter.

Une intense surveillance scientifique a été développée parallèlement à l'installation des prototypes. Les résultats des analyses ont révélé l'efficacité des prototypes construits. Dans le cas du traitement des eaux usées urbaines, des valeurs de 90% de réduction de la pollution organique biodégradable (réduction de la DBO5) et entre 30 et 50% de réduction du contenu total en azote ont été atteintes. Quant à l'épuration des purins à travers ce type de technologie, il a été vérifié qu'il était nécessaire d'appliquer au préalable un traitement de faible coût (physico-chimique ou d'un autre type) pour obtenir la réduction des paramètres de pollution. Malgré cela, l'emploi de cette technique représente une grande avancée dans l'application de systèmes d'épuration de déversements de purins car cela suppose une alternative à l'implantation de techniques au maniement difficile et qui nécessitent de grands investissements économiques ainsi qu'une consommation énergétique élevée.

INTRODUCTION



Filtre pour hébergement dans le centre de la fondation Global Nature

●
SURVEILLANCE

D'une part, grâce à la surveillance réalisée, on a pu constater que le pouvoir de filtration est supérieur à celui des filtres verts qui utilisent des espèces végétales enracinées ou flottantes de façon naturelle et, d'autre part, on évite le colmatage puisque quand les plantes s'installent en flottation, il est plus facile de retirer et de recueillir la boue.

Parallèlement, de nombreuses actions orientées vers la diffusion de la technique et vers la promotion de ce nouveau système dans d'autres régions méditerranéennes ont été réalisées. Le climat modéré de ces régions favorise un meilleur rendement de cette technique. D'une part, pendant l'hiver (plus tempéré que dans des régions du nord où des serres ou des plastiques sont nécessaires), les plantes n'interrompent pas leur cycle végétatif. D'autre part, c'est en été que la production végétale est maximale ce qui augmente la capacité d'épuration des filtres et permet de répondre à une plus grande population suite à l'influence de touristes sur la côte.

Le système a démontré son efficacité, étant applicable directement aux eaux usées urbaines et à l'aide d'un prétraitement approprié aux effluents d'agro-industries et d'élevages de bétail.

Pour plus d'informations : <http://www.macrophytes.info/>



Filtre en construction pour la coopérative porcine Gamur



Vue panoramique du filtre de macrophytes de la coopérative de Gamur

Lac artificiel de Tavropos

Projet LIFE-Environnement « Nouveaux filtres verts avec des macrophytes en flottation pour la région Méditerranée » (LIFE02 ENV/E/000182).

Exécution : 1999-2003.

Localisation : Grèce

Bénéficiaire : Development Agency of Karditsa (AN.KA. S.A.)

Le lac artificiel de Tavropos est situé dans la région montagneuse d'Agrafa, au sud de Pindos. Sa caractéristique principale réside dans la variété des paysages et dans les hêtraies helléniques étendues comprenant des *Abies borisii-regis* (habitats 9270 évoqués dans l'annexe I de la Directive 92/43/EEC « Types d'habitats naturels d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation »).

L'érosion et le transport de sédiments causés par le recul des eaux ont provoqué le colmatage du lac. Le surpâturage affecte spécialement les peuplements de pins. La pollution de l'eau à laquelle s'ajoutent le développement touristique non durable et les pratiques

INTRODUCTION



Digue pour éviter l'érosion



Vue panoramique



Loutre

MÉTHODOLOGIE, PROCÉDURE ET SURVEILLANCE

Les mesures de gestion pour réduire les niveaux de sédimentation dans le lac consistent en la construction d'une série de petites terrasses tout au long des affluents principaux, le développement de zones de végétation dans des zones spécifiques et la gestion de la structure de la végétation dans la zone forestière. Ces mesures ont été réalisées uniquement sur un des ruisseaux les plus importants, servant d'expérience pilote.

Une étude réalisée sur le bassin du lac Tavropos a démontré qu'une des rivières qui s'y jette se caractérisait par une production importante de sédiments. Il était alors recommandé d'intercepter ce flux de sédiments afin d'éviter un possible phénomène d'illuviation. En accord avec l'étude, une digue a été construite.

Pour diminuer la pollution de l'eau, une zone humide artificielle a été construite et une station de contrôle de qualité de l'eau a été installée. La zone humide s'est avérée efficace en tant que système pour le traitement des eaux usées. Avant la mise en



Construction d'une zone humide artificielle



Améliorations de l'habitat de la loutre

œuvre de ces mesures a été réalisée une étude détaillée de la localisation de points de pollution et l'identification des causes de dégradation de l'habitat. Des objectifs de gestion spécifiques ont également été établis, les méthodes et les variables de contrôle, l'emplacement des stations d'échantillonnage ainsi que la méthode à appliquer ont été déterminés, etc.

Les interventions réalisées dans les forêts galerie et dans la forêt artificielle de *Pinus nigra* étaient orientées vers l'amélioration de la flore et de l'habitat de la faune. Elles ont consisté en la protection, en particulier contre les brûlages et le pâturage, des méthodes de culture et notamment l'élagage de pins sélectionnés pour leurs caractéristiques afin d'agir à l'avenir comme peuplement sélectif, la plantation d'arbres fruitiers pour augmenter à long terme les ressources alimentaires des populations d'ours.

Les interventions réalisées pour améliorer l'habitat de la loutre ont été les suivantes : la restauration du lit de la rivière, le nettoyage d'obstacles, la plantation de végétation pour renforcer le lit de la rivière et concernant l'avifaune, la construction de nids artificiels.

Pour plus d'informations :
<http://www.anka.gr/ellinika/life/index.htm>



Pose de nids dans la forêt de *Pinus nigra*



Échantillonnage dans la rivière pour déterminer la qualité écologique de l'eau

Anciennes gravières du corridor vert du Guadiamar

**Projet « Corridor vert du Guadiamar »,
Gouvernement régional d'Andalousie.**

Exécution : Depuis 1998.
Localisation : Espagne.

Il s'agit de zones d'inondation artificielle provenant d'anciennes exploitations d'agrégats. La réhabilitation de ces espaces s'inscrit dans le plan d'intégration entre systèmes naturels et systèmes humains développés par le projet de gestion et de restauration intégrale du bassin du Guadiamar.

Cette intervention a permis l'aménagement de ces anciennes gravières en zones humides artificielles et, en raison de leur accessibilité et leur proximité avec les centres de populations, leur emploi comme équipement pour l'usage public : parcours piétonniers autour des zones d'inondation, passerelles, aires de pique-nique et parkings.

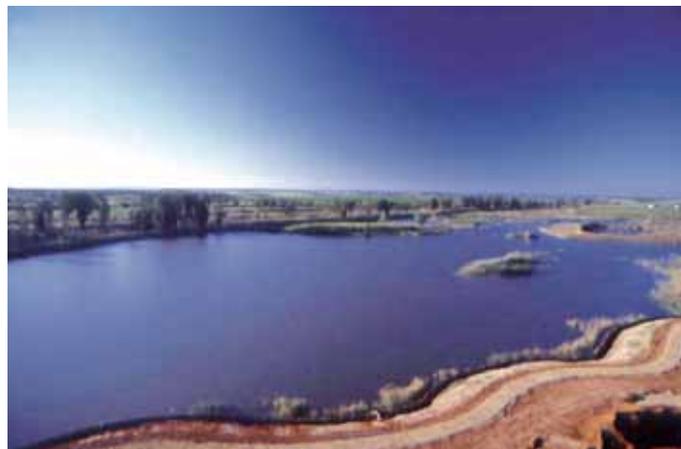
INTRODUCTION

MÉTHODOLOGIE, PROCÉDURE ET SURVEILLANCE

Les travaux de nettoyage menés à bien après le retrait de la boue ont consisté à compartimenter en secteurs afin d'épurer les eaux en ajoutant des substances alcalines. Finalement, les sédiments déposés dans le bassin des gravières ont été pompés et extraits à sec.

La restauration a consisté à déblayer, renforcer le mur qui sépare les gravières du lit du fleuve, refaire le contour des talus des gravières, éliminer des margelles de puits et d'autres infrastructures inutilisées, renforcer à l'aide de palissades en bois la base des talus pour éviter l'érosion par des crues, aménager des îlots internes, apporter de la terre végétale et planter de la végétation autochtone sur les berges.

Pour plus d'informations : www.cma.junta-andalucia.es





Canard colvert



5.1 Cas d'étude

Marais salants



Dans le milieu méditerranéen, associé aux milieux les plus arides, les zones humides temporairement salées sont fréquentes, où s'alternent des périodes de sécheresse pendant lesquelles les apports en eaux souterraines sont fondamentaux, et des périodes d'inondation. La principale caractéristique de cet habitat est la haute concentration en minéraux du sol. Cela provoque une série d'adaptations dans les organes et le fonctionnement des plantes qui vivent dans ces milieux, dénommées plantes halophiles, pour leur capacité à tolérer des concentrations en sel élevées. Les plantes halophiles accumulent une grande quantité de sel, augmentant ainsi leur capacité d'absorption d'eau extérieure.

Ces systèmes fonctionnent comme des évaporateurs ou des concentrateurs de sel, dont ont traditionnellement profité les diverses civilisations qui, tout au long de l'histoire se sont établies dans le bassin méditerranéen. Actuellement, l'extraction de sel à partir des marais salants a perdu une partie de son intérêt économique. Cependant, leur valeur écologique (une multitude d'espèces d'oiseaux aquatiques dépendent de leur existence) et anthropologique (exceptionnelle valeur éco-culturelle et historique de ces écosystèmes) sont suffisantes pour empêcher leur détérioration. Pour ces raisons, et du fait de l'état de dégradation et de l'abandon dont ils souffrent souvent, la récupération et la restauration de marais salants abandonnés est un objectif prioritaire dans beaucoup de plans d'aménagement du territoire.



Marais salants de Cabo de Gata

Projet LIFE-Nature « Amélioration de la gestion du SIC et de la ZICO de Cabo de Gata-Nijar » LIFE00 NAT/E/007304.

Exécution : 2001-2005

Localisation : Espagne

Bénéficiaire : Ministère de l'Environnement du Gouvernement régional d'Andalousie

Le lieu d'intervention, le SIC/ZICO de Cabo de Gata-Nijar, se trouve à l'extrémité sud-est de la province d'Almeria et comprend une surface de 38 000 ha terrestres et de 11 624 ha marins. Cet espace naturel possède une extraordinaire complexité structurelle et biologique : des fonds marins aux sierras littorales d'origine volcanique en passant par des zones humides et des milieux côtiers comme les prairies de posidonies. Cette multitude d'espaces et sa particulière climatologie en font un habitat pour une très grande variété d'organismes adaptés à la sécheresse, parmi lesquels se trouvent de nombreux endémismes et des espèces protégées aussi bien animales que végétales.

Les marais salants constituent l'un des habitats les plus importants du Parc Naturel de Cabo de Gata-Nijar. Ils présentent une importante richesse aussi bien en termes de faune (en particulier les oiseaux aquatiques) que de flore (espèces halophiles aussi importantes que le genre *Limonium*).

Les principales menaces pour leur conservation sont la pression urbanistique, l'augmentation de l'exploitation agricole de la zone, la disparition des écosystèmes d'eau douce du fait de l'existence d'une ancienne route et d'autres infrastructures, l'accès incontrôlé de prédateurs et de personnes et le manque de sensibilisation de la population. Les mesures de restauration développées incluent : l'augmentation de la surveillance et la clôture de la zone pour rendre difficile l'accès aux zones les plus sensibles, la sensibilisation de la population et des visiteurs, la réparation des digues et la remise en végétation à l'aide d'espèces autochtones.

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Les activités d'adéquation ont consisté en des travaux de nettoyage visant à retirer les ordures et les décombres, l'installation de filtres en grillage dans les canaux pour éviter l'entrée d'ordures flottantes, l'étude des points bathymétrique pour connaître le niveau réel de l'eau dans les marais salants, la création et l'entretien d'îlots.



Limonium sp



Artrocnemum fruticosum

INTRODUCTION



Nid de sterne naine



Deux des îlots créés pour l'avifaune



Vue panoramique des marais salants de Cabo de Gata



Clôture, sentier et observatoire en arrière-plan



Panneau d'information sur le processus salicole



Mirador et panneau d'information



Restauration de digue salicole



Îlots



Vanne anti-prédateurs

SURVEILLANCE

Pour éviter l'entrée incontrôlée de visiteurs et de prédateurs qui nuisent à la réussite de la reproduction des colonies d'oiseaux, on a procédé à la clôture de tout le périmètre des marais salants et à l'installation de vannes anti-prédateurs. La clôture est résistante aux conditions de salinité et de proximité de la mer. Elle est renforcée et enfoncée dans le sol pour éviter le passage de prédateurs et est de petite taille pour permettre l'observation de l'habitat par les visiteurs.

Outre la réparation des digues (dimensions et stabilité), le site a été replanté avec de la végétation caractéristique de ces lieux. L'extraction de boutures et la plantation ont été réalisées de façon manuelle (basées sur des expériences précédentes) et l'espèce sélectionnée a été *Arthrocnemum fruticosum*, étant l'espèce majoritaire (presque l'unique) sur la totalité des digues, en bon état végétatif et bien adaptée. *Arthrocnemum* est la principale espèce colonisatrice des digues du marais salant, du fait de son utilisation traditionnelle comme élément stabilisateur de ces derniers : autrefois, on mélangeait des branches taillées de ces plantes avec un matériau minier proche, stabilisant celui-ci.

Afin d'améliorer les conditions de visite et l'observation des marais salants de Cabo de Gata sans que cela suppose une gêne pour l'avifaune, un sentier piétonnier, une piste cyclable et quatre points d'observation ont été construits, ainsi que des panneaux d'information tout au long du circuit expliquant les caractéristiques les plus importantes du site. Pendant le printemps et en été, il est nécessaire de faire appel à un gardien pour les zones des marais salants et les zones proches car, inévitablement, les problèmes causés par les visiteurs augmentent à ce moment-là.

Pour plus d'informations : www.cma.junta-andalucia.es

Parc naturel de la baie de Cadix

Projet LIFE-Nature « Conservation des habitats littoraux de la province de Cadix », LIFE03 NAT/E/000054

Exécution : 2003-2006

Localisation : Espagne.

Bénéficiaire : Ministère régional de l'Environnement

Le parc naturel de la baie de Cadix se trouve sur la côte occidentale de Cadix. Il occupe une surface de 10452,7 ha constitués principalement du système palustre auquel a donné lieu le grand estuaire du fleuve Guadalete et dont l'habitat le plus important sont les marais salants. Ils constituent le principal habitat d'un grand nombre d'oiseaux aquatiques, comme zone de repos, d'alimentation ou bien comme espaces appropriés pour la reproduction et ont historiquement configuré le paysage. Cependant, la plupart des marais salants sont abandonnés ou transformés en exploitations piscicoles. Le projet a pour but de les récupérer comme habitat fondamental pour l'avifaune.

L'objectif du projet est d'entreprendre une série d'actions démonstratives de restauration, conservation et de gestion dans différents écosystèmes littoraux (zones humides, dunes, côte présentant des falaises, etc.), par exemple, la restauration de végétation dunaire et des mesures d'aménagement de l'utilisation publique dans le SIC « pointe de Trafalgar » et la restauration de genévriers côtiers dans une zone de plateforme présentant des escarpements du SIC « pinède de Roche ». Toutes ces actions sont encadrées par un « Programme de gestion des habitats littoraux » qui marque les instructions d'intervention dans toute la zone de servitude de protection de la bande de terre littorale.

INTRODUCTION



Marais salants de l'Île du Trocadero. ZICO baie de Cadix.



Marais salant « La Covacha »

MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

Concrètement, les actions définies par le Parc Naturel de la baie de Cadix ont consisté en la restauration des structures régulatrices du niveau de l'eau d'anciens marais salants de l'île du Trocadero, en plus de l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan de gestion et de surveillance pour ces derniers dans la ZICO « baie de Cadix ».

À travers l'achat de droits d'utilisation des marais salants du site naturel de l'Île du Trocadero par le Ministère régional de l'Environnement, le but est de garantir la conservation de cet habitat fondamental pour les oiseaux. Dans le cas du marais salant « La Covacha », d'une surface de 26,15 ha, l'acquisition de ces droits garantira la gestion adéquate de cet espace où se trouve l'unique colonie nidifiante de spatules (*Platalea leucorodia*) de tout le parc naturel. Dans le cas d'un autre marais salant se trouvant sur le site naturel « El Consulado » de 103,45 ha, on prévoit la signature d'une convention de collaboration avec les actuels concessionnaires qui permettra d'un côté, d'entreprendre des actions de restauration de ces zones humides d'importance internationale et d'un autre côté, de mener à bien une gestion intégrale de tout le site naturel.



Vanne restaurée dans le marais salant du Consulado



Gravelot à collier interrompu

SURVEILLANCE

L'abandon des marais salants et l'implantation généralisée d'exploitations piscicoles ont mis en danger la conservation d'une grande partie des populations d'oiseaux. La restauration d'anciens marais salants a consisté en la réparation et la protection des murs extérieurs (murs de contention) avec un brise-lames, la rénovation de certains des murs intérieurs des anciens marais salants de l'île du Trocadero et en la reconstruction de vannes de marée qui permettent de maîtriser les flux dans les marais salants ainsi que de réguler le niveau de l'eau en les adaptant aux besoins des espèces d'oiseaux présentes sur le site.

Le plan de gestion des habitats élaboré pour les marais salants de l'île du Trocadero servira à définir les niveaux et les flux de l'eau les plus appropriés à l'intérieur des marais salants. Pour la surveillance spécifique des populations des oiseaux, les aspects suivants seront pris en compte : surveillance de la taille de la population pendant les périodes les plus importantes de l'année (hivernage, niche et migration), surveillance des populations reproductives (réussite de la reproduction, survie, sélection d'habitats) et études pendant la période de mouvements migratoires (taux d'ingestion, besoins énergétiques des oiseaux, etc.)

Pour plus d'informations : www.cma.junta-andalucia.es



Pose manuelle d'un brise-lames dans le marais salant du Consulado



Surbaissement des murs à l'intérieur du marais salant du Consulado



Péniche utilisée pour le transport de matériaux et de machines



Pose de palplanches et réparation de murs de contention dans "La Covacha"



Spatule

5.2 Analyse comparative

En observant les causes de la dégradation des zones humides méditerranéennes étudiées dans la section précédente et les actions mises en place pour leur restauration, nous constatons, dans une plus ou moins grande mesure, qu'il existe plusieurs facteurs de tension auxquels sont confrontées la plupart des zones humides.

Ces facteurs de tension ou causes de dégradation et/ou de disparition des zones humides ont été principalement : ceux qui comportent une altération directe des cuvettes ; ceux qui engendrent des altérations dans le régime hydrologique et l'hydropériode de la zone humide ; ceux qui entraînent des altérations de la qualité de l'eau qui approvisionne les zones humides (eau de surface ou souterraine) et des altérations sur la structure des populations et des communautés biologiques qui font partie du système des interrelations qui composent un écosystème de zone humide.

Les altérations produites sur la cuvette sont dues à des processus de colmatage liés à la réception de sédiments dans des zones défrichées présentant des processus d'érosion, à l'assèchement pour la mise en culture, à la dégradation des sols en raison de l'abandon de résidus agricoles ou de résidus solides urbains à proximité des zones habitées, à la pression due à un accès non contrôlé des visiteurs, etc.

Les actions les plus souvent mises en place afin d'inverser les dommages qui affectent la cuvette ont été les suivantes : l'enlèvement de sédiments, la correction de ravines, la construction de bassins de décantation et le nettoyage des lits pour éviter le colmatage, l'élimination de déchets organiques et inorganiques accumulés, la remise en végétation comme une mesure visant à éviter l'assèchement et l'érosion (par exemple, les travaux réalisés à cet effet dans les lagunes du sud de Cordoue, de Fuente de Piedra ou dans la lagune de Villafila). Parallèlement, des mesures de gestion ayant contribué à minimiser l'impact sur l'environnement et favorisant la récupération des zones humides ont été appliquées. Elles ont consisté en la protection juridique de la zone, l'élaboration de plans de gestion et de propositions agro-environnementales, la reconversion des terrains agricoles, les indemnités aux agriculteurs, etc.

Le projet du corridor vert du Guadiamar a mis en œuvre l'ensemble des actions mentionnées. Les objectifs du projet étaient, d'une part, de remédier à la pollution causée par un déversement minier sur la rivière Guadiamar et, d'autre part, de créer un corridor écologique qui contribue à la restauration des écosystèmes de son bassin. Des actions ont également été réalisées afin d'améliorer la qualité des eaux, les niveaux hydriques et le biote.

Un autre aspect très important réside dans les efforts d'une grande ampleur destinés à développer des pratiques agricoles compatibles avec l'environnement. Les actions menées à bien ont notamment consisté en des campagnes de sensibilisation envers les agriculteurs, la mise en œuvre de cultures agricoles comportant un faible impact sur l'environnement, et des journées de formation agricole. En général, on considère le bilan de ces expériences positif, et dans de nombreux cas elles ont contribué à un plus grand rapprochement entre l'administration chargée de la gestion et les agriculteurs. Le projet Life « Zones humides durables » démontre cet intérêt grandissant. Sa méthodologie est basée sur la mise en œuvre d'un modèle de participation active

des agriculteurs, en vue d'atteindre la pratique d'une agriculture durable qui produise des effets positifs sur la conservation et l'amélioration de l'environnement des zones humides.

La restauration du régime hydrologique et de l'hydropériode est le facteur qui implique le plus de difficultés, en raison de son importance et de sa répercussion sur les autres composants de la zone humide (la qualité de l'eau et la communauté biologique). L'irrigation ainsi que la construction d'infrastructures routières (les routes, digues... qui entravent les flux naturels de l'eau vers les zones humides) et le drainage (construction de canaux pour faciliter l'assèchement du sol) sont les principales causes des changements dans le régime hydrologique. L'utilisation de méthodes plus efficaces pour l'irrigation, les campagnes de sensibilisation pour promouvoir une utilisation responsable de l'eau, la gestion appropriée de l'eau de la part des autorités de locales (par exemple, le plan de gestion de Trichonis) font partie des actions exécutées ayant contribué à réguler les niveaux d'eau.

La construction d'infrastructures (routes, canaux, lignes électriques, gazoducs...) entraîne la diminution de la surface des zones humides par des travaux d'extension ou de rectification de tracé, ou, de façon indirecte, en interrompant le drainage naturel. Le projet mis en place dans le parc national de Cabo de Gata-Níjar est l'un de ceux ayant apporté des solutions pour récupérer la connexion hydrique perdue suite à la construction d'une route, par le biais de la mise en place de passages d'eau sous l'infrastructure. D'un autre côté, la création d'un modèle de cycle fermé de gestion de l'eau « Extraction-Utilisation-Épuration-Recharge » mis au point dans le cadre du projet Life Aquifère de Tordera favorise la récupération de l'hydrodynamique de l'aquifère ce qui permet de débiter sa réhabilitation l'environnementale.

Cependant, le projet « Doñana 2005 » est sans aucun doute le plus ambitieux en matière de récupération du régime hydrique et de l'hydropériode, puisqu'il comprend un ensemble d'actions qui se développent sur les bassins et les bassins versants du marais littoral du Parc National de Doñana (les bassins de la rivière Guadiamar et ceux des ruisseaux drainant les sables de l'ouest). Le but est de restaurer le système hydrologique complexe du marais littoral (réussir à ce que les apports d'eau au marais littoral présentent la quantité et la qualité nécessaires à la restauration de son hydropériode). Ceci permet au système d'évoluer le plus librement, et de la manière la plus naturelle possible, dans les conditions de l'environnement. La construction de barrages et de canalisations, ou le retrait d'anciennes digues dans le but de rétablir les flux d'entrée et de sortie de la zone humide, l'élimination de canaux par le remplissage et le compactage, et la restauration topographique du secteur du marais littoral sont des actions qui nécessitent une connaissance approfondie des conditions hydrologiques d'origine et du fonctionnement naturel du bassin. En ce qui concerne les altérations de la qualité de l'eau, le drainage à des fins agricoles, l'utilisation aveugle des engrais et les déversements urbains et industriels sont directement liés aux phénomènes d'eutrophisation. Ce processus est accentué dans les zones humides méditerranéennes en raison de la saisonnalité et de la densité de la population, concentrée principalement sur les zones humides littorales. Tous les projets étudiés accordent une importance au fait de sensibiliser les agriculteurs à l'utilisation des engrais (en particulier dans le projet de Trichonis) et les encourager à mettre en œuvre des cultures alternatives présentant un faible impact sur l'environnement (notamment dans les projets d'Adra et du delta de l'Ebre). L'action la plus commune pour améliorer la qualité des eaux réside

essentiellement dans la gestion appropriée de la végétation. D'une part, on a recours au fauchage et au retrait de la végétation dans les zones où l'accumulation de matière végétale en décomposition a un impact sur la couverture et la qualité de la végétation palustre. D'autre part, on procède à la remise en végétation pour créer des filtres verts et des zones d'amortissement (par exemple, dans les lagunes de Nava et Boada ou la lagune de Fuente de Piedra). De cette manière, on obtient une phytoépuration naturelle. Les résultats ont montré une amélioration de la qualité de l'eau du système, qui a entraîné à son tour un développement optimal des macrophytes et de la faune aquatique, se rapprochant dans de nombreux cas de l'état écologique ayant précédé l'existence des impacts (qu'il s'agisse de la mise en place de cultures, de déversements d'eaux usées urbaines ou industrielles, etc.) Le projet Life « Macrophytes » constitue le meilleur exemple pour démontrer l'efficacité des filtres verts comme des stations d'épuration naturelles.

Pour faire face aux problèmes engendrés par le développement urbain il est nécessaire d'établir des mécanismes de conservation et d'exploitation des ressources naturelles. L'achat de terrains en vue de la récupération de zones humides dégradées et la rédaction ainsi que l'adoption de plans spécifiques permettant la protection du milieu naturel et du paysage sont les mesures les plus couramment adoptées dans les projets étudiés. On peut citer par exemple le Plan spécial de protection du milieu naturel et du paysage du lac de Banyoles et le Plan de prévention des catastrophes engendrées par des déversements industriels dans le cadre du projet de la lagune de Pylos et du delta de l'Évrotas.

Les altérations sur les communautés biologiques sont très fréquentes, en raison d'un tourisme non contrôlé et du développement d'activités de loisirs non compatibles avec le milieu. La plupart des cas d'étude soulignent le manque de connaissance de la population sur les ressources et les valeurs de leur environnement comme la cause des effets négatifs que ces activités produisent sur la zone humide : gênes envers la faune, destruction de la végétation, accumulation de déchets, développement d'activités sportives, etc. Les résultats obtenus suite aux campagnes de sensibilisation, qui visent à promouvoir une attitude responsable vis-à-vis de l'environnement naturel, ont montré l'intérêt du public envers la connaissance des zones humides et de leurs ressources. Tous les projets ont impliqué un grand effort de diffusion et un degré élevé d'acceptation parmi les populations en général (éducation à l'environnement à Tavropos, campagnes de sensibilisation à l'environnement à Amvrakikos). L'intérêt des populations constitue la première étape pour assurer la préservation et l'utilisation rationnelle de la zone humide et de ses ressources par le biais du soutien local.

Parallèlement à cet important travail de sensibilisation, des actions visant à obtenir une gestion appropriée de l'environnement et des activités qui s'y déroulent ont été réalisées. On peut notamment souligner l'élaboration du Plan d'usage social à Villafáfila, les Plans de gestion des mares temporaires de Minorque, l'aménagement et l'adaptation de sentiers piétons, la création de centres d'accueil des visiteurs, la signalisation de réseaux d'itinéraires, la réglementation de l'accès ou l'installation de panneaux d'information sur les caractéristiques environnementales des zones. À Fuente de Piedra, dans les marais littoraux de l'Odiel et les lagunes du sud de Cordoue, les infrastructures à usage public mises en place ont permis l'accès contrôlé des visiteurs, tout en favorisant une meilleure connaissance du fonctionnement naturel des zones humides.

Dans les cas où la chasse et la pêche représentaient une dé-

térioration des valeurs des zones humides, des mesures ont été prises pour réglementer ces activités afin que leur pratique n'engendre pas d'impact négatif et qu'elles puissent se dérouler d'une manière compatible avec le milieu (plans de gestion par des pêcheurs des coopératives à Nestos).

Tout cela a contribué à une meilleure organisation et un meilleur contrôle de l'affluence des visiteurs, et à une plus grande régulation des activités sportives et de loisirs.

La surcharge de bétail entraîne la détérioration de la couverture végétale (la consommation de plantes herbacées avant la production de semences réduit les possibilités de régénération) favorisant l'érosion du sol augmentée par le piétinement intense du bétail. La concentration d'excréments implique des processus de nitrification qui provoquent l'augmentation d'espèces végétales nitrophiles diminuant la biodiversité tout en entraînant une perte de la qualité de l'eau. Enfin, la densité élevée de bétail engendre des gênes envers la faune, et aussi bien le piétinement que la réduction de la couverture végétale affecte l'avifaune en réduisant l'habitat de nidification.

La pratique d'un pâturage rationnel, limitant la charge de bétail en appliquant des systèmes de rotation de pâturage (lagunes temporaires de France, lagunes de Gallocanta et de Villacañas), encouragée à travers des journées d'information visant à renseigner et à sensibiliser le secteur de l'élevage, l'aménagement approprié du territoire associé à des mesures de protection et l'extension des zones d'espèces végétales autochtones, etc. constituent les principales mesures développées dans les études de cas.

Enfin, les activités liées à l'amélioration de l'habitat ont consisté en l'élimination d'espèces exotiques par leur retrait et leur contrôle (projet de la Vallée du Mincio, mares temporaires de Minorque), l'abattage des arbres et la remise en végétation à l'aide d'espèces indigènes (île de Buda), la réintroduction d'espèces indigènes (élevage en captivité et introduction de l'aphanias d'Espagne dans les lagunes du Baix Ter), la création d'habitats de nidification (projets de Maremma, Villacañas et Fuente de Piedra, entre autres), la surveillance et la clôture de certaines zones afin de réduire l'entrée de touristes ou de prédateurs.

En général, la surveillance des actions réalisées, de façon directe (par exemple par le biais d'appareils de mesure des niveaux d'eau à Trichonis) ou indirecte (mesures de la qualité de l'eau ou de la composition des communautés biologiques), est un facteur commun aux projets étudiés. En particulier la surveillance des paramètres physiques et chimiques et l'installation de stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau. Ce sont des mesures de surveillance mises en place par la plupart des projets (notamment ceux de Nestos, Tavropos, Nava et Boda et Fuente de Piedra...). Il s'agit d'un facteur essentiel. En effet, il est important d'évaluer si les actions réalisées ont accompli leurs missions et si elles ont réellement permis d'atteindre les objectifs fixés.

Comme nous l'avons vu, il existe plusieurs facteurs qui provoquent la dégradation des zones humides. Autrement dit, la détérioration d'un écosystème n'est pas liée à une seule cause mais à différentes variables et surtout à l'interaction de celles-ci, qui, de manière directe ou indirecte, agissent en synergie provoquant ainsi la perte de son état écologique. Le tableau 17 offre un résumé des principales causes de dégradation des zones humides étudiées dans la section précédente et des actions réalisées en vue de leur restauration.

Tableau 17. Causes de détérioration et solutions adoptées dans les cas étudiés.

Élément affecté	Type d'altération	Causes	Solutions adoptées	Résultats obtenus	Exemples
Altération de la cuvette	Colmatage	Agriculture intensive. Déboisement.	Retrait de sédiments. Correction de ravines. Pratiques de conservation des sols. Bassins de décantation. Reconversion de terrains agricoles. Remise en végétation du bassin versant. Élimination de végétation hélophyte (fauchage, brûlage contrôlé, pâturage) envahissante.	Amélioration de la qualité de l'eau. Récupération de communautés végétales et animales. Augmentation de la capacité de rétention d'eau et augmentation de l'hydropériode.	Lagune de Fuente de Piedra. Lagunes du sud de Cordoue. Vallée du Mincio, Tevere-Farfa, Lagunes de Villafáfila, Lagunes temporaires du sud de la France, Lac Tavropos.
	Détérioration des marges	Erosion par l'action des marées, transit des bateaux, vents, etc.	Emploi de structures biodégradables. Barrières de substances naturelles. Remise en végétation des marges.	Récupération des marges. Recolonisation du biotope.	Lagune de Venise, Lagune de Fuente de Piedra, Ile de Buda
	Dragage	Extraction de granulats	Nouveau profilage de cuvette. Remise en végétation.	Création de zones humides artificielles	Gravières du Guadiamar
Régime hydrologique	Assèchement	Agriculture intensive.	Élimination de drains. Retrait de sédiments. Reconversion de terrains agricoles. Murs rompus.	Récupération de l'aire inondable	Doñana 2005, Lagunes du sud de Cordoue, Lagunes de la Nava et Boada, Marais littoraux de l'Odiel, Lagunes de la Nava et Boada, Lagune de Gallocanta, Lagunes de Villafáfila, Lagune de Fuente de Piedra, Mares temporaires de Minorque
	Barrières structurelles	Infrastructures	Élimination de barrières	Récupération des connexions hydriques	Marais littoraux de l'Odiel, Baie de Cadix, Lagunes de Cabo de Gata, Rivière Guadiamar
	Dégradation du réseau hydrique	Colmatage du réseau hydrique	Récupération de canaux. Remise en végétation des marges. Murs ou digues rompus.	Récupération de flux Régénération de végétation indigène	Doñana 2005, Corridor vert du Guadiamar, Marais littoraux de Rodia, Lagune de Pylos, Ile de Buda, Vallée du Mincio, Lagunes de la Nava et Boada, Baie de Cadix, Lagune de Fuente de Piedra
	Surexploitation de l'aquifère	Extractions	Études hydrogéologiques. Surveillance.	Récupération des niveaux piézométriques	Aquifère de Tordera, Doñana 2005

Source : élaboration propre

Tableau 17. Causes de détérioration et solutions adoptées dans les cas étudiés (cont.)

Élément affecté	Type d'altération	Causes	Solutions adoptées	Résultats obtenus	Exemples
Qualité des eaux	Eutrophisation	Eaux usées urbaines, Agriculture intensive	Epuration. Lagunage. Filtres verts. Élimination de MO. Extensification. Amélioration des techniques de culture. Élimination de végétation héliophytique.	Amélioration de la qualité de l'eau Diminution de la charge de nutriments	Lagune de Fuente de Piedra, Doñana 2005, Marais littoraux de l'Odiel, Lagune de Fuente de Piedra, Lagunes de Ter Vell et La Encanyada, Delta de l'Ebre, Ile de Buda, Etang littoral d'Adra, Lacs Nestos, Travopos et Trichonis, Aquifère de Tordera, Lagunes de la Nava et Boada, Mares temporaires de Minorque, Lagunes de Villafáfila et Villacañas
	Déversements polluants	Déversements miniers et industriels	Epuration. Phytoremédiation. Élimination d'effluents.	Récupération de la qualité de l'eau. Récupération des communautés végétales et animales.	Stagno di Cagliari, Corridor vert du Guadiamar
	Salinisation	Intrusion d'eau de mer, perte d'apports en eau douce	Apports en eau douce canalisée. Vannes de régulation. Barrière à l'eau saumâtre.	Diminution de la salinité. Récupération des populations de poissons. Amélioration de la végétation.	Lagune de Pylos, Parc de Maremma, Marais littoraux de Rodia, Lagunes de Logarou, Tsoukalio et Rodia, Fleuve Sile
	Détérioration des habitats	Développement urbain, Pression touristique et liée aux loisirs, Surpâturage	Clôture. Amélioration des habitats pour la faune sauvage. Remise en végétation. Réintroduction d'espèces Restauration passive.	Amélioration de la qualité de l'eau. Diminution des gênes envers la faune. Récupération d'espèces indigènes.	Corridor vert du Guadiamar, Parc de Maremma, Marais littoraux de Rodia, Lagunes de La Pletera, Lagunes de Tsoukalio, Stagno di Cagliari, Ile de Buda, ZICO Cabo de Gata
Communautés biologiques	Espèces exotiques	Introduction d'espèces à des fins sportives et de loisirs. Propagation naturelle des espèces envahissantes. Abandon d'animaux de compagnie exotiques.	Élimination d'espèces exotiques	Récupération d'espèces indigènes	Ile de Buda, Vallée du Mincio, Lagunes de Villafáfila, Mares temporaires de Minorque
	Accès non contrôlé	Tourisme intensif. Manque de sensibilisation.	Surveillance. Sensibilisation. Canalisation des visites à l'aide d'itinéraires signalisés. Limite de l'accès aux zones de réserve.	Organisation du tourisme Appréciation des valeurs et ressources de la zone. Attitude respectueuse vis-à-vis de la faune et de la végétation.	Lagune de Pylos, Lac de Banyoles, Lagunes de Villafáfila et Villacañas, Lagune de Fuente de Piedra, Marais littoraux de l'Odiel, Lagunes du sud de Cordoue, Mares temporaires de Minorque
	Chasse et pêche non contrôlées	Braconnage, pillage	Surveillance Recharges	Améliorations pour la faune (nidification, reproduction...)	Marais littoraux de Rodia, Lagunes de Villafáfila

Source : élaboration propre

6. Conclusions

6.1 Enseignements

Bien que l'on ne dispose pas de méthodologie indiquant étape par étape comment résoudre les problèmes de restauration pour chaque écosystème, il existe certains aspects fondamentaux à prendre en considération dans une restauration écologique (FISRWG 1998, Márquez-Huitzil 1999).

La première question à se poser au moment d'aborder un projet de restauration est de savoir si la situation dans laquelle se trouve la zone humide nécessite réellement un plan de restauration. Il ne faut pas oublier la complexité qui caractérise ces systèmes et que les tentatives de récupérer une zone humide ont parfois échoué, l'intervention entraînant une situation pire que celle de départ. Dans la recommandation 4.1 de la Convention de Ramsar il est noté à juste titre que « *le maintien et la conservation des zones humides existantes sont toujours préférables et plus économiques que leur restauration après coup* » et que « *les actions de restauration ne doivent pas affaiblir les efforts de conservation des systèmes naturels existants* ».

Parfois, lorsque les perturbations d'origine anthropique n'ont pas affecté les fonctions essentielles (hydrogéomorphologiques) de l'écosystème de la zone humide, permettre la régénération naturelle de ce dernier peut être plus bénéfique que d'appliquer d'un travail de restauration. Il ne faut pas oublier que la caractéristique la plus importante d'une zone humide (de tous les écosystèmes), est son intégrité écologique, définie comme la capacité naturelle des écosystèmes à perpétuer leur fonctionnement dans le temps et à pouvoir récupérer leur structure, leur composition et leurs fonctions après une perturbation. De ce point de vue, la restauration devrait avoir pour objectif de rétablir l'intégrité écologique dans les cas où elle aurait été altérée.

Pour cela il est nécessaire d'identifier les éléments clés sur lesquels est basée cette intégrité écologique. Dans les zones humides ces facteurs sont : l'hydrologie, la cuvette et les organismes. Le Plan andalou des zones humides comprend des critères de base à prendre en compte dans la gestion de zones humides. Etant donné le caractère méditerranéen des zones humides d'Andalousie, ces critères peuvent être appliqués au reste du bassin méditerranéen. Par conséquent, nous considérons que ces facteurs sont indispensables et qu'ils doivent être pris en compte au moment de planifier un projet de restauration.

- Hydrologie : dans le cas des zones humides, l'hydrologie constitue le principal aspect à prendre en compte. Cet élément est particulièrement important dans les écosystèmes méditerranéens, en raison de leur forte variabilité hydrologique interannuelle, qui produit des fluctuations importantes dans les modes de vidange et de remplissage de leurs cuvettes. La restauration doit respecter ce dynamisme. Une connaissance approfondie de la dynamique hydrique est nécessaire pour que les actions de restauration n'aient pas d'impact sur le dynamisme naturel et permettent de respecter les fluctuations hydriques caractéristiques de ces systèmes. D'autre part, la restauration des zones humides doit être liée à celle des bassins hydrographiques et celle des aquifères associés. Comme nous l'avons indiqué précédemment, la Directive Cadre sur l'eau considère le milieu humide, ainsi que son bassin, de surface ou souterrain, comme l'unité de base de gestion. L'intégration du bassin

hydrographique à la restauration des zones humides pose les bases d'une gestion intégrée des processus hydrogéomorphologiques.

- Cuvette : la structure des cuvettes conditionne de manière significative l'ensemble des processus physiques, chimiques et biologiques qui se produisent à l'intérieur de celles-ci. Pour cette raison, il est essentiel que les actions conçues dans le projet de restauration respectent la modélisation (morphologie et morphométrie) et les formations de surface (les sédiments et les sols) au moment où elles agissent en renforçant la capacité naturelle de réponse du système aux perturbations.
- Biote : la restauration doit se centrer sur le fait de renforcer les caractéristiques fonctionnelles de la diversité des êtres vivants et leurs communautés, ainsi que le rôle écologique joué par chacun d'entre elles. L'importance des communautés biologiques dans l'état écologique des zones humides est comprise dans la Directive Cadre sur l'eau où l'utilisation d'indicateurs biologiques est incorporée pour évaluer la qualité des eaux.

Des analyses comparatives des cas étudiés de projets sur les zones humides méditerranéennes, nous pouvons tirer les enseignements suivants.

Enseignement 1. Il est nécessaire que les connaissances scientifiques et techniques soient présentes dès le début et dans toutes les phases de la conception et du déroulement de projets ou programmes de restauration et comme ce n'est que rarement le cas, qu'elles soient incorporées à la surveillance une fois élaborées.

Enseignement 2. Compte tenu de la complexité qui réside dans la solution des problèmes environnementaux, il est nécessaire de les aborder, la plupart du temps, à partir de connaissances scientifiques interdisciplinaires comprenant des domaines des sciences naturelles, sociales et technologiques.

Enseignement 3. Il est essentiel de disposer d'un cadre conceptuel de référence de toutes les actions du projet afin de leur donner du sens et de bénéficier d'un fil conducteur. En ce sens il faut essayer d'éviter les projets conçus comme un catalogue ou une liste d'actions plus ou moins indépendantes et non suffisamment articulées.

Enseignement 4. Il est essentiel de traduire les résultats des projets de restauration par des propositions concrètes de gestion, à l'aide d'un langage simple et direct qui atteigne le grand public pour pouvoir bénéficier du soutien et de l'appropriation du projet par la population locale.

Enseignement 5. Il est très important d'adapter les temps de la recherche au développement des projets techniques. En d'autres termes, il s'agit d'essayer d'éviter l'écart entre ce qui est demandé par l'urgence de la gestion et les connaissances générées par la recherche scientifique.

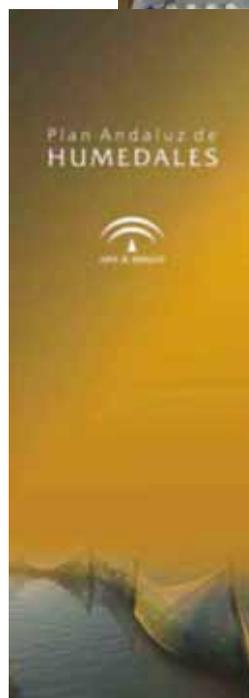
Enseignement 6. Compte tenu des incertitudes inhérentes aux projets de restauration des écosystèmes et en particulier, celles liées aux zones humides méditerranéennes, il est essentiel de développer des modèles de gestion adaptative, ce pourquoi il est nécessaire de pouvoir disposer de fonds qui financent un programme de surveillance à long terme des actions réalisées.

6.2 Principes de base pour la mise en œuvre d'un projet de restauration écologique de zones humides

À partir des différents documents consultés et des expériences observées dans le cadre des projets recueillis, nous pouvons établir quelques principes de base utiles pour entreprendre un projet de restauration écologique. En résumé, ces principes de base sont les suivants :

- L'Évaluation des Écosystèmes du Millénaire a mis en évidence l'importance économique des services des zones humides ainsi que le déclin de la plupart de ces services. Il est possible d'inverser cette tendance par le biais de politiques et de pratiques visant à conserver et restaurer le capital naturel.
- Un projet de restauration doit être composé de quatre phases : la planification, la mise en œuvre, la surveillance et l'évaluation. Toutes les phases sont aussi importantes les unes que les autres et nécessitent le même degré d'engagement. Un programme de restauration écologique exige un grand engagement de ceux qui y prennent part, aussi bien dans le détail des actions que dans leur surveillance.
- Analyse des conditions dans lesquelles se trouve la zone humide. Avant de débiter tout projet de restauration, il est nécessaire d'effectuer des recherches qui permettent d'évaluer la situation dans laquelle se trouve la zone humide, ainsi que les facteurs qui affectent son intégrité écologique. Il est très positif de détecter des écosystèmes bien conservés du même type écologique que celui à restaurer. Cela permet de déterminer des conditions de référence.
- Etablir dans le projet des buts et des objectifs compatibles avec la zone humide. Les objectifs doivent être clairs, perceptibles et opérationnels. Ils doivent donner de la force à chacune des actions proposées et être orientés vers la restauration et la conservation des processus biophysiques clés qui déterminent l'intégrité écologique des écosystèmes, puisqu'il est entendu qu'il s'agit de la seule formule d'assurer un flux durable des biens et services envers la société.
- Application de techniques correctives. Elles se composent d'une série d'actions visant à éliminer le facteur causant la perturbation de l'écosystème. Elles sont appliquées pendant la phase de mise en œuvre et doivent être formulées de manière à être quantifiables et mesurables par un système d'indicateurs, de telle façon que les programmes d'action puissent être mesurés et facilement surveillés afin d'évaluer leur degré d'accomplissement.
- Évaluation de l'efficacité de ces techniques. Il est indispensable d'identifier les différents aspects de la structure du système qui sont liés au fonctionnement de celui-ci et qui sont quantifiables, de manière à ce qu'ils puissent être mesurés pour vérifier la bonne évolution des techniques appliquées.
- Maintien ou utilisation de techniques alternatives. Au cas où les actions envisagées ne garantiraient pas le respect des objectifs, il serait nécessaire d'appliquer des techniques alternatives permettant de restaurer l'intégrité écologique de la zone humide. Ces techniques doivent être envisagées lors de la première phase du projet (la planification), bien que leur mise en œuvre ne soient pas toujours nécessaire.

- Application d'un programme de surveillance. Avant de commencer le projet de restauration, il est indispensable de disposer de la conception et des fonds économiques nécessaires pour pouvoir effectuer la surveillance et l'évaluation des réussites et des erreurs des actions et effectuer un réajustement des objectifs et des procédures spécifiques de la restauration.
- La diffusion des projets de restauration est bénéfique. Les informations générales sur les résultats obtenus dans les projets de restauration, aussi bien sur les réussites que sur les inconvénients et problèmes rencontrés au cours de leur mise en œuvre, permettent d'élargir la connaissance de la restauration écologique. Elles peuvent également constituer une source d'inspiration et encourager l'élaboration de nouveaux projets et programmes de restauration.
- Obtenir la participation de tous les groupes sociaux impliqués dans chacune des étapes qui composent le projet. L'exécution d'un projet dépend de la coopération des différents groupes : pouvoirs publics, différents secteurs de la population, consultants techniques et scientifiques et organisations non gouvernementales.
- Les objectifs fixés doivent être durables à long terme, et non donner des résultats uniquement temporaires.
- Il est nécessaire de faire en sorte que par la suite les dépenses courantes d'entretien des zones soient faibles ou inexistantes. Dans de nombreux cas il est également possible que les zones représentent des sources de revenus / rapportent des bénéfices.



Plan andalou des zones humides

Bibliographie

- ALBA-TERCEDOR, J. & SÁNCHEZ-ORTEGA, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica* 4: 51-56.
- ALONSO GARCÍA, E. (1999). Política del agua y gestión de humedales: la experiencia española. *SEHUMED* nº 12. 1999.
- AHLUND, M. y GOTMARK, F. (1989) Gull predation on Eider ducklings *Somateria mollissima*: effects of human disturbance. *Biological Conservation* 48: 115-127.
- ANDREU MOLINER, E. y CAMACHO GONZÁLEZ, A. (2002). Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedimentos en humedales Ramsar. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, Spain. 226 pp.
- ANDREWS, J. & D. KINSMAN (1990). Gravel pit restoration for wildlife. A practical manual. RSPB. 184 pp.
- Aplicación de la Directiva Marco del Agua de la UE: Serie de Seminarios sobre el Agua Organizados por el WWF con el apoyo de la Comisión Europea y TAIEX Nota de Síntesis Seminario 2: Papel de los humedales en la gestión de cuencas hidrográficas. Bruselas, 9 y 10 de noviembre de 2000
- ARROYO, M.T.K., C. DONOSO, R. MURÚA, E. PISANO, R. SCHLATTER & I. SEREY (1995a) Toward an Ecologically Sustainable Forestry Project: Concepts, analysis and recommendations. Report made by the Independent Scientific Commission of the Río Cóndor Project to Bayside Ltd., USA. Santiago, Chile.
- ARROYO, M.T.K., J.J. ARMESTO, C. DONOSO, R. MURÚA, E. PISANO, R. SCHLATTER & I. SEREY. (1995b) Hacia un proyecto forestal ecológicamente sustentable: resumen ejecutivo. *Revista Chilena de Historia Natural* 68:529-538.
- ARROYO, P., ANSOLA, G. Y DE LUIS CALABUIG, E. (2005) La biorremediación como medida correctora en los impactos ambientales de agua contaminada con metales pesados. *ENCUENTRO INTERNACIONAL EN FITODEPURACIÓN* (Julio del 2005, Lorca)
- BALAGUER, L. y BORRELL, J. (2004) Informe técnico final: Gestión sostenible, a escala local, del acuífero aluvial del río tordera mediante la reutilización de aguas residuales.
- BALDWIN, A. H., et al. 1996. The influence of vegetation, salinity, and inundation on seed banks of oligohaline coastal marshes. *Ame. J. Bot.* 83: 470 - 479.
- BARBIER, E. B., ACREMAN, M. & KNOWLER, D. (1997) Valoración económica de los humedales. Guía para decisiones y planificadores. Oficina de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza. 127 pp.
- BARNES, R.S.K. 1999. The conservation of brackish-water systems: priorities for the 21st century. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9: 523-527.
- BÉCARES, E., CONTY, A., RODRÍGUEZ-VILLAFañe, C. Y BLANCO S., (2004). Funcionamiento de los lagos someros mediterráneos. *Ecosistemas* 2004/2.
- BENITO, G. & PUIG, M.A. 1999. BMWPC un índice biológico para la calidad de las aguas adaptado a las características de los ríos catalanes. *Tecnología del Agua* 191: 43-49.
- BESTMANN GREEN SYSTEMS IBERICA S. L. Adaptación de las Técnicas de Bioingeniería en Ambientes Mediterráneos.
- BLANCO, D.E.; J. BELTRÁN & V. DE LA BALZE (Eds.). 2002. Primer Taller sobre la Caza de Aves Acuáticas: Hacia una estrategia para el uso sustentable de los recursos de los humedales. *Wetlands International*, Buenos Aires, Argentina. 152 pp.
- BOIX, D.; GASCON, S.; GIFRE, J.; MORENO-AMICH, R.; QUINTANA, X.; MARTINOY, M. & SALA, J. (2004). Caracterizació, regionalització i elaboració d'eines d'establiment de l'estat ecològic de les zones humides de Catalunya. Informe de l'Agència Catalana de l'Aigua. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. 85 pp.
- BOVEE, K.D.; COCHNAUR, T. (1977): Development and evaluation of weighted criteria, probability-of use curves for instream flow assessments. *Instream Flow Information Paper* 3. United States Fish and Wildlife Service, Fort Collins, Colorado. 38 p.
- BRADSHAW, A. D. (1987). Restoration: An acid test for ecology. En: W. R. Jordan III, M. E. Gilpin y J. D Aber (eds). *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological*. Cambridge University Press. New York, N. Y.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1979). *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Ed. Blume
- BROWN, S. Y A. E. LUGO. (1994). Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. *Restoration Ecology* 2 (2): 97-111
- CALZADA J., et al. (2003). Control de la Malvasía Canela en España. En: Capdevila-Argüelles L, B.Zilletti i Perez Hidalgo (coords.): *Contribuciones al conocimiento de las Especies Exóticas Invasoras*. Grupo Especies Invasoras Ed., G.E.I. Serie Técnica, 1: 236-237.
- CAMPOS I LLACH, M. (2006). Informes de actividad y propuesta del proyecto Restauración de Ambientes Acuáticos de Porqueres y Banyoles (Proyecto Nº Life03 NAT/E/000067)
- CARDELÚS, B., CASADO, S. Y ORTEGA, A., (1996). *Un año en la vida de la España salvaje*. Editorial Planeta, Barcelona. España, 1996.
- CARO, M. T. y G. O'DOHERTY. 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation Biology*, 13: 805-814.
- CCBA. (2005). *Climate, Community and Biodiversity Project Design Standards (First Edition)*. CCBA, Washington DC. May 2005. At: www.climate-standards.org.
- CLEWELL, A. Y J. P. RIEGER. (1997). What practitioners need from restoration ecologists. *Restoration Ecology* 5 (4): 350-354.
- CLUIS, D. (1992). Des nouvelles technologies pour une gestion intégrée à l'échelle du bassin versant. *Association Québécoise des techniques de l'eau, Assises annuelles*, 8-10 avril 1992, Montréal, Canada.

- Consejería de Medio Ambiente, Dirección General de Planificación. Red de Seguimiento y Evaluación de Humedales de Andalucía. Procedimientos metodológicos y principales resultados.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (1999). Delimitación de regiones ecológicas en la Cuenca del Ebro. Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona.
- COSTA LT, FARINHA JC, HECKER N & TOMÀS VIVES P (EDITORS) 1996 Mediterranean Wetland Inventory, Volume 1: A Reference Manual
- COSTANZA ET AL., 1997. "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature* 387, 253-260.
- COWARDIN, L.M., CARTER, V., GOLET, F.C. & LAROE, E.T. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. US Fish and Wildlife Service FWS/OBS-79/31. Washington D.C.
- Crawley, M. J. (1983). *Herbivory, the dynamics of animal-plant interactions*. Berkeley: University of California Press, pp. 437.
- CRIVELLI, A. J., 1992. Fisheries of the Mediterranean wetlands. Will they survive beyond the year 2000? *Fisheries in the year 2000*, K.T.O. O'Grady, A.J.B. Butterworth, P.B. Spillett and J.C.J. Domaniewski (Eds). Proceedings of the 21st anniversary conference of the Institute of Fisheries Management, England, pp. 237-252
- CRUZ-PIZARRO, L. et. al. (2002) Eutrofización de técnicas de biomanipulación para la gestión de la eutrofización en las Albuferas de Adra. Primeros resultados. *Ecología, Manejo y Conservación de los humedales*.
- CUMMINS, K. AND R. MATTINGLY. (1982). Assessment and Prediction of Effects of Environmental Impacts on Fish and Wildlife Habitat: Overview. Págs. 58-77. En: *Research on Fish and Wildlife Habitat* (W. T. Mason y S. Iker, Comp.) Office of Research and Development. U. S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- CUSTODIO, E. Aspectos hidrológicos de los humedales que dependen del agua subterránea. 1ª Reunión Internacional de Expertos sobre la Regeneración Hídrica de Doñana.
- DE MIGUEL, E., DE MIGUEL, J. Y CURT, M. (2005) Manual de Fitodepuración. Filtros de macrófitas en flotación.
- DEVOS, A., AND H. S. MOSBY. (1971). Habitat analysis and evaluation in wildlife management techniques. R.H. Giles Jr., ed. *The Wildlife Society*, Washington, D.C.
- DIRECTIVA 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas DO L 327 de 22.12.2000, p. 1/73.
- DGCN. 2000. Subproyecto MEDHUM-GESTION. Gestión de Humedales Mediterráneos. Dirección Gral. Para la Conservación de la Naturaleza. Min. Medio Ambiente.
- DUGAN P.J. (ed.), (1992) Conservación de humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. UICN, Gland, Suiza.
- EEA, 2001. Sustainable water use in Europe- Part 3: Extreme hydrological events: floods and droughts. Environmental Assessment report Nº 21. European Environment Agency. Copenhagen, 2001.
- El libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural. Tomo 1. Análisis Horizontales. LEADER I (1989-1993). pág.628 Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ELABORACIÓN DE LÍNEAS DE MANEJO DE LA VEGETACIÓN PALUSTRE PARA LA CONSERVACIÓN DEL CARRICERÍN CEJUDO Reunión de expertos en manejo de vegetación helofítica. Su aplicación en la conservación del carricerín cejudo. Palencia, 22 al 24 de agosto de 2003 proyecto Life Naturaleza "Conservación del carricerín cejudo en la ZEPA Nava-Campos".
- EUROPEAN UNION (2003) Horizontal Guidance Document on the Role of Wetlands in the Water Framework Directive. European Union.
- EUROSITE (1999) Manual de Planes de Gestión. Fundació Territori i Paisatge Caixa Catalunya.
- EWEL, J. J. (1987). Restoration is the ultimate test of ecological theory. En: W. R. Jordan III, M. E. Gilpin y J. D Aber, editores. *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological*. Cambridge University Press. New York, N. Y.
- FANO, E.A., MISTRI, M. & ROSSI, R. 2003. The ecofunctional quality index (EQI) : a new tool for assessing lagoonal ecosystem impairment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 709-716.
- FENNER, M. (1985). *Seed Ecology*. Chapman & Hall. Londres. 149 p.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS CARMONA, J. M. , (2004). *Andalucía, naturaleza viva : la gestión activa del medio natural andaluz*. Consejería de Medio Ambiente. 412p.
- FISRWG. 1998. *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices*. The Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG) 15 Federal agencies of the US government.
- FORES E., ESPANYA, A. and MORALES, F. (2002) Regeneración de la laguna costera de La Encanyssada (Delta del Ebro). Una experiencia de biomanipulación. *Ecosistemas XI/2*.
- FOUCES, V. (1998) Proyecto de restauración y gestión integrada de la Isla de Buda (Cataluña, España) Informe de seguimiento correspondiente al ejercicio de 1998. Direcció General de Patrimoni Natural i del Medi Físic. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya
- FOUCES, V. (2000) Restauración y Gestión Integrada de la Isla de Buda (Parc Natural del Delta DE L'EBRE) Direcció General de Patrimoni Natural i del Medi Físic. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya

- FRANKLIN, J.F. (1995) Sustainability of managed temperate forest ecosystems. En: *Defining and Measuring Sustainability. The Biogeophysical Foundations* (M. Munasinghe & W. Shearer, eds.), pp. 355-385. The United Nations University and The World Bank, Washington, D.C.
- GATTENLÖHNER, U., HAMMERL-RESCH, M. y JANTSCHKE, S. Eds. (2004). *Restauración de Humedales – Manejo Sostenible de Humedales y Lagos Someros*.
- GIELEN E. (1998). Los SIG en el estudio de los humedales. *Humedales Mediterráneos*, (1998) 123-130 SEHUMED, Valencia (España) ISSN 1137-7755.
- GOLTERMAN, H. (1992) Wetland pollution: an emphasis on eutrophication. In: C. M. Finlayson, G. E. Hollis and T. J. Davis (eds.). *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*. IWRB Special Publication 20, Slimbridge, UK. Pp 154-158.
- GONZÁLEZ, G. (1993) Los humedales. *Ambientes amenazados y olvidados*. Chile Forestal 208: 34-35.
- GONZÁLEZ MIRAS, E., VALERO, J., NEVADO, J.C. Estado de conservación de enclaves acuáticos en la Sierra de los Filabres (Almería): implicaciones para los anfibios. P. 151-161.
- GORDON, E. Dinámica de la vegetación y del banco de semillas en un humedal herbáceo lacustrino (Venezuela). *Rev. biol. trop*, mar. 2000, vol.48, no.1, p.25-42. ISSN 0034-7744.
- GRALL, G. (1999). The pools of springs. In: *National Geographic*. 195 (4): 123-135, April 1999.
- GROUDEVA V.I., GROUDEV S.N., DOYCHEVA A.S., (2000) Bioremediation of waters contaminated with crude oil and toxic heavy metals, Elsevier, *Ecological Engineering*, pp 293-299.
- GRILLAS, P et al. *Mediterranean temporary pools*. Arles: Station biologique de la Tour du Valat, 2004, 2 v.
- GUIPART, R. et al 1994. Lead Poisoning in Waterfowl from the Ebro Delta, Spain: Calculation of Lead exposure Thresholds for Mallards. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 27: 289-293.
- GYSEL, L.W. y LYON, L.J. (1980). Habitat analysis and evaluation. Pp. 305-327. In: *Wildlife management techniques manual*. SD Schemnitz (ed). The Wildlife Society. Bethesda, MD.
- HAUENSTEIN, E., GONZALEZ, M., LEIVA, L. & FALCON, L. (1999) Flora de macrófitos y bioindicadores del lago Budi (IX Región, Chile). *Gayana Botánica* 56(1): 53-62.
- HAYES, D. F., OLIN, T. J., FISCHENICH, J. C., AND PALERMO, M. R. (2000) "Wetlands Engineering Handbook," ERDC/EL TR-WRP-RE-21, U. S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg.
- HECKER N. AND P. TOMÀS VIVES (1995), *The status of wetland inventories in the Mediterranean Region*, MedWet / Wetlands International / ICN, Lisbon, Portugal, 150 pp.
- HELLAWELL, J.M. (1986) *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*. Elsevier Applied Science.
- HOFFMANN, O. (2000). "La movilización identitaria y el recurso de la memoria (Nariño, Pacífico Colombiano)". In C. Gnecco y M. Zambrano (eds.), *Memorias hegemónicas, memorias disidentes*. ICANH-Universidad del Cauca, pp. 97-120.
- HOLLIS GE & FINLAYSON CM (1996). Ecological change in Mediterranean wetlands. In *Methodological guide to monitoring Mediterranean wetlands*, eds P Tomas-Vines, CM Finlayson, B Goldsmith, R Rufino & P Grillas, MedWet, Slimbridge, UK, 5-24.
- HOLMES, M. G. (1992). Monitoring vegetation in the future: radar. *Botanical Journal of the Linnean Society* 108:93-109.
- HORNER, R. R. AND RAEDEKE, K. J. (1989). *Guide for wetland mitigation projects monitoring*. Washington State Department of Transportation, Seattle, WA, USA. Report Number WA-RD 195.1.
- HOWARD, G. (1999) *Especies invasoras y humedales*. Ramsar COP7 DOC. 24.
- IGME (2001). *Guía de restauración de graveras*. Instituto Geológico y Minero de España. 208 p.
- Interagency Workgroup on Wetland restoration (IWWR) (2001). *An introduction to wetland restoration, creation, and enhancement: A guide for the public*. USEPA, NOAA, USCEC, USF&WS, and NRCS.
- Interagency Workgroup on Wetland Restoration (IWWR): National Oceanic and Atmospheric Administration, Environmental Protection Agency, Army Corps of Engineers, Fish and Wildlife Service, and Natural Resources Conservation Service. *An Introduction and User's Guide to Wetland Restoration, Creation, and Enhancement*. NOAA/EPA/NRCS/ACE/FWS, (2003).
- INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION (IPIECA). (1994). *The IPIECA Oil Spill Report Series: Biological impacts of oil pollution: salt-marshes*. 1994. 20 p., vol. 6. Londres
- IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss caused by Alien Invasive Species.
- IUCN. (1995). *Guía para reintroducciones*. IUCN\SSC Re-introduction Specialist Group. IUCN, Gland (Switzerland).
- JOHNSON, R.R. & S. W. CAROTHERS. (1982). *Riparian Habitats and Recreation: Interrelationships and Impacts in the Southwest and Rocky Mountain Region*. Eisenhower Consortium Bulletin 12.
- JORDAN III, W. R., M. E. GILPIN, AND J. D. ABER, eds. (1987). *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*. Cambridge University Press, New York.
- JUNTA DE ANDALUCÍA. (2002). *Plan Andaluz de Humedales*. Consejería de Medio Ambiente. 253 pp.
- KAHLERT, J. (1994) Effects of human disturbance on broods of Red-breasted Mergansers *Mergus serrator*. *Wildfowl* 45: 222-231.

- KEDDY, P.A. & A. A. REZNICEK. (1982). The role of seed banks in the persistence of Ontario's Coastal Plain Flora. *Amer. J. Bot.* 69: 13 - 22.
- KOVACS, M., P. JANOS, T. ZLTAN, T. GABOR, C. ZSOLT AND L. D. M. JAN (1992). Biological Indicators in Environmental Protection. Ellis Horwood series in Environmental Management, Science and Technology. 236 p.
- KREBS, C. T. Y TANNER, C. E. (1981). Restoration of oiled saltmarshes through sediment stripping and *Spartina* propagation. Proceedings of the 1981 Oil Spill Conference 375–385. N° Publicación API 4334, American Petroleum Institute, Washington D.C.
- KUSLER, J.A. & M.E. KENTULA. (1990). Wetlands creation and restoration. The status of the science. Island Press, Washington, D.C. USA.
- KUSLER J.A., MITSCH, W & LARSON, J. (1994) Humedales. *Investigación y Ciencia* 210: 6-13.
- LAMBERT ALAIN (asesor principal de la Convención de Ramsar). (Mayo de 2003). Valoración económica de los humedales: un componente importante de las estrategias de gestión de los humedales a nivel de las cuencas fluviales. Convención de Humedales Ramsar.
- LECK, M. A. (1989). Wetland seed banks. p. 257 - 280. In: Leck, M. A., V.T Parker & R. L Simpson (Eds). *Ecology of Soil Banks*. Academic Press, Nueva York.
- LEWIS, R. R. III. (1990). Wetlands restoration/creation/enhancement terminology: Suggestions for standardization. Pages 417-422 in J. A. Kusler and M. E. Kentula (eds.), *Wetland Creation and Restoration: The Status of the Science*. Island Press, Washington, D.C.
- LEWIS, R. R. (1990). "Creation and restoration of coastal plain wetlands in Florida." *Wetland creation and restoration: Status of the science*. J. A. Kusler y M. E. Kentula, eds., Island Press, Washington, DC, 73-101.
- LEWIS, R. R. (1992). "Coastal habitat restoration as a fishery management tool." *Stemming the tide of coastal fishhabitat loss*. Proceedings of a Symposium on Conservation of Coastal Fish Habitat, Baltimore, MD, 7-9 March 1991. R. H. Stroud, ed., National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, GA, 169-173.
- LEWIS, R. R., KUSLER, J. A. Y ERWIN, K. L. (1995). "Lessons learned from five decades of wetland restoration and creation in North America." *Bases Ecologicas para la Restauracion de Humedales en la Cuenca Mediterranea*.
- LOCKWOOD, JL AND PIMM, SL. (1999). When does restoration succeed? In: Weiher E and Keddy P (Eds). *Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- LÓPEZ, A. & CORREAS, E. (2003). Gestión de Áreas Protegidas Mediterráneas. Análisis y posibilidades de las redes y los planes de acción. IUCN. 151 páginas.
- MACHADO, A. (2001) Restauración ecológica: una introducción al concepto (I) y (II). En: Medio Ambiente Canarias. Revista de la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente de Canarias.
- MANZANO, M. ET AL. 2002. Metodología de tipificación hidrológica de los humedales españoles con vistas a su valoración funcional y a su gestión. Aplicación a los humedales de Doñana. *Boletín geológico y minero*, 113 (3): 313-330
- MÁRQUEZ-HUITZIL, R. (1999). Regeneración de la vegetación en distintos ensayos de restauración de minas de roca caliza a cielo abierto en una industria cementera, Ixtaczoquitlán, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz. México.
- MÁRQUEZ-HUITZIL, R., B. JUÁREZ Y S. GUTIÉRREZ. (1998). Informe final del Programa de Evaluación de la Restauración ecológica (1998). Convenio Apasco- Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver. México
- MÁRQUEZ-HUITZIL, R. Y C. CHIAPPY. (2003). Contribución a la Restauración ecológica en las canteras de APASCO-Orizaba.
- MATEO, R. et al (1997). An Epizootic of Lead Poisoning in Greater Flamingos (*Phoenicopterus ruber roseus*) in Spain. *Journal of Wildlife Diseases*, 33(1): 131-134.
- MATEO, R. et al (1997). Lead Poisoning in Free Ranging Griffon Vulture (*Gyps Fulvus*). *The Veterinary record*. 140: 47-48.
- MATEO, R. et al (1997). Lead Shot Pellets in the Ebro Delta, Spain: Densities in Sediments and Prevalence of Exposure in Waterfowl. *Environmental Pollution*. Vol. 96, No. 3, 335-341.
- MCCONNELL, W.J., E.P. BERGENSEN & K.L. WILLIAMSON. (1982). Habitat Suitability Index Models: a Low Effort System for Planned Coolwater and Coldwater Reservoirs. *Fish & Wildlife Services. Fws/Obs-82/10.3*. Wash., D.C.
- MEFFE, G. K., C. R. CARROLL. (1996). Principles of conservation biology. Sinauer Assoc. Inc., Sunderland, MA.
- MEJÍA ZERMEÑO, R. Diseño, rehabilitación y rehabilitación de cauces con materiales naturales. VI Jornadas de Conaphi-Chile.
- MEMBERS OF THE SCIENCE AND POLICY WORKING GROUP (2004) Natural Capital and Ecological Restoration, An Occasional Paper of the SER Science and Policy Working Group, April 2004
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2003). Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Island Press, Washington, D.C.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005). Ecosystem Services and Human Well-Being: Wetlands & Water: Synthesis. World Resources Institute, Washington D.C.
- MONTES, C. y LOMAS, P. L. (2003) Dimensión científica del Plan Andaluz de Humedales *Revista Medio Ambiente* N° 42.
- MONTES, C.; BORJA, F.; BRAVO, M. A. Y MOREIRA, J. M. (1998). Reconocimiento Biofísico de Espacios Naturales Protegidos. Doñana: Una Aproximación Ecosistémica; CMA. Junta de Andalucía; Sevilla.

MOSS, B. et al. (2003). The determination of ecological status in shallow lakes a tested system (ECOFRAME) for implementation of the European Water Framework Directive. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13: 507-549.

PÉREZ, M., MANUEL Y ANTONIO FAJARDO DE LA FUENTE. Oportunidades de Recuperación de Humedales Endorreicos en la Baja de Andalucía: en el área de la Lantejuela (Sevilla). Dirección General de Ordenación del Territorio.

MEFFE, G. K. Y C. R. CARROLL. (eds.). (1994). *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.

MEIJER ET AL. (1999). Biomanipulation in shallow lakes in the Netherlands: an evaluation of 18 case studies. *Hidrobiología* 408/409:13-30.

MICHAEL MOSER, CRAWFORD PRENTICE, AND SCOTT FRAIZER. (1996). "A Global Overview of Wetland Loss and Degradation". *Wetlands international (Wetland Inventory and Monitoring Specialist Group)*. Conference Proceedings Ramsar, Vol. 10.

MIMAM (2000). Plan Estratégico Español para la Conservación y el Uso Racional de los Humedales. Dirección General de conservación de la Naturaleza-Ministerio de Medio Ambiente; Madrid.

MIMAM Las aguas continentales en los países mediterráneos de la unión europea. (2000).

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, (2003). Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural. Secretaría General Técnica, Madrid.

Ministerio de Medio Ambiente. (2003). Informe sobre la eliminación de especies exóticas introducidas en el Parque Nacional de Doñana. Año 2002.

MÖLLER, P. & MUÑOZ, A. (1998) *Humedales y Educación Ambiental. Guía Práctica para Padres, Profesores y Apoderados*. CEA Ediciones. Valdivia. Chile. 99 pp.

MONTES, C. (1996). Conservación de humedales: problemas y soluciones. *ECOLOGÍA*. Verano 1996. págs 30-35.

MONTES, C. Una aproximación Ecosistémica a la Gestión y Restauración de Humedales. Departamento interuniversitario de Ecología. Universidad autónoma de Madrid.

NAVASCUÉS, R. (2005) Documento de Informe Preliminar del Proyecto Life Humedales Sostenibles. (ASAJA) Asociación de Jóvenes Agricultores de Sevilla y Guadalquivir (Ingeniería de Sistemas)

NILSSON, C. & G. GRELSSON. (1990). The effects of litter displacement on riverbank vegetation. *Can. J. Bot.* 68:735- 741.

NUGTEREN A. A., M. J. MORRIS., T. C. BROOKS., J. W. OLSON., M. V. MILLER. (1997). *Illinois Wetland Restoration and Creation Guide*. Edited. Illinois Natural History Survey. USA. 188 p.

NOSS, R. (1990) Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. En *Conservation Biology*. Vol. 4. No 4. Corvallis, USA. 355-364 pp.

NYBERG, (1999). *An Introductory Guide to Adaptive Management for Project Leaders and Participants*. BC Forest Services Branch.

OFICINA DE LA CONVENCION SOBRE LOS HUMEDALES. El papel de los humedales en la búsqueda de soluciones a la crisis mundial del agua. Conferencia Internacional del Agua y el Desarrollo Sostenible. Paris, 1998

PAPASTERGIADOU, E., AGAMI, M. & WAISEL, Y. (2002). Restoration of aquatic vegetation in Mediterranean wetlands. In: *Restoration of Mediterranean Wetlands*. (G. C. Zalidis, T. L. Crisman, P. A. Gerakis, Editors), A MedWet Publication. Hellenic Ministry of the Environment, Physical Planning and Public Works, Athens and Greek Biotope/Wetland Center, Themi, Greece, (pp. 47-69).

PAPAYANNIS, TH. (2002), *Regional action for wetlands: The Mediterranean experience 1991-2002*, a MedWet/ Tour Valat Publication, Le Sambuc, Arles, France, 100pp.

Paracuellos, M. y Nevado, J.C. (2002). Conservación de las albuferas de Adra. *Life-Naturaleza 1998*. Informe final. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

PARADA, ESPERANZA Y PEREDO, SANTIAGO (2005). La relocalización como una herramienta de conservación y manejo de la biodiversidad: lecciones aprendidas con *Diplodon chilensis* (Gray 1828) (Bivalvia, Hyriidae). *Gayana (Concepc.)*, 2005, vol. 69, no.1, p.41-47. ISSN 0717-6538.

PARKER, T.V. Y S.T. PICKETT. (1997). Restoration as an ecosystem process: implications of the modern ecological paradigm. En: Urbanska, K.M., N.R. Wobb y P.J. Edwards. *Restoratio Ecology and Sustainable development*. Cambridge University Press. U.K.

PEARCE, F, CRIVELLI, A. J. (1994). Characteristics of Mediterranean wetlands A J Crivelli, J Jalbert (eds) *Conservation of Mediterranean wetlands no1*, Station Biologique de la Tour du Valat, Arles (France)

PERENNOU, C. (2002) Restoration of wetland fauna. In: *Restoration of Mediterranean Wetlands*. (G. C. Zalidis, T. L. Crisman, P. A. Gerakis, Editors), A MedWet Publication. Hellenic Ministry of the Environment, Physical Planning and Public Works, Athens and Greek Biotope/Wetland Center, Themi, Greece.

PERENNOU, C. et al. (1996). Module de formation "Plan de Gestion d'une zone humide méditerranéenne MedWet/Tour du Valat".

PÉREZ-OLMEDILLA, M., SANCHEZ-CARRILLO, S. (Centro Ciencias Medioambientales (CSIC)) Carmen Rojo (Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva (Universitat de València)). Función depuradora de los humedales II: una revisión bibliográfica sobre el papel del sedimento. *Humedales Mediterráneos*, (2000) 123-130 SEHUMED, Valencia (España) ISSN 1137-7755.

- POAINI, K. A. & C. JONHSON. (1989). Effect of hydroperiod on seed bank composition in semipermanent prairie wetlands. *Can. J. Bot.* 67: 856 - 864.
- PRAT, N., MUNNE, A., RIERADEWALL, M., SOLA, C. & BONADA, N. 2000. ECOSTRIMED. Protocol per determinar l'estat ecològic dels rius mediterranis. Estudi de la qualitat ecològica dels rius, 8. Diputació de Barcelona. 94p.
- Protocolo Distrital de Restauración Ecológica (PDRE), (2000). Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Bogotá. FUNDACIÓN BACHAQUEROS – DAMA
- RAMSAR (2000): Notas informativas sobre los valores y las funciones de los humedales. mitigación del cambio climático. Hoja informativa Nº 5 2000. www.ramsar.org/values_climat_s.htm.
- RAMSAR CONVENTION BUREAU (2002) Resolución VIII.16: Principios y lineamientos para la restauración de humedales. 8ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales "Humedales: agua, vida y cultura" Valencia, España, 2002.
- RAMSAR CONVENTION BUREAU (1998) El papel de los humedales en la búsqueda de soluciones a la crisis mundial del agua. Conferencia internacional del agua y el desarrollo sostenible. París, 1998
- RAMSAR COP7 DOC. 16.3 (1999) Política del agua y gestión de humedales: la experiencia española.
- RAMSAR COP7 DOC. 17.4 (1999) La restauración como elemento de la planificación para la conservación y el uso racional de los humedales.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. 1996. Diccionario de la lengua española. 1992. Tomo II. h-z. Editorial Espasa Calpe S.A., Madrid, España, 1079-2133.
- RENDON MARTOS M. y JOHNSON A.R. (1996) Management of nesting sites for Greater Flamingos. *Colon Waterbird* 19 NSP1 p167-183
- REQUES R. (2003). Conservación de la Biodiversidad en los Humedales de Andalucía. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, 280 pp.
- RIDDELL, E.S. (2002). The effects of water buffalo (*Bubalus bubalis*) on wetland bird habitat: Implications for habitat management in the Amvrakikos wetlands, Greece. A dissertation presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Magister in Scientia in Ecology of the University of Wales. School of Biological Sciences, University of Wales, Bangor.
- ROBLES, J.F. (2005) Gestión Integrada de la Agricultura en el Entorno de Humedales de Importancia Comunitaria. Informe de Actividad Núm. 1. Asociación de Jóvenes Agricultores de Sevilla (ASAJA)
- RODRÍGUEZ DE LOS SANTOS, M. (2004) El Plan Andaluz de Humedales. Jornadas de trabajo: "Implementación de Planes de Manejo en Áreas Naturales" La Nava y Boada, España.
- RODRÍGUEZ, M. y PALACIOS, J. (1995) "Actuaciones en las Lagunas de la Reserva Nacional de Caza "Las Lagunas de Villafáfila" (Zamora). Bases Ecológicas para la Restauración de Humedales Mediterráneos. Montes, C.; Oliva, G.; Molina, F. & Cobos, J. (Eds.) Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. 229-238.
- RODRÍGUEZ, M. y PALACIOS, J. (2004) "Actuaciones de manejo y gestión de la reserva de las lagunas de Villafáfila (Zamora-España). Jornadas de trabajo: "Implementación de Planes de Manejo en Áreas Naturales" Fundación Global Nature. Proyecto LIFE-Medio ambiente "Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias". 29 y 30 de Enero de 2004. La Nava y Boada, España
- ROMO et al. (1996) A multivariate analysis of phytoplankton and food web changes in a shallow biomanipulated lake. *Freshwater Biology* 36: 683-696.
- RUBIO GARCÍA, J.C. (2003) Aportaciones del Plan Andaluz de Humedales a la conservación Revista Medio Ambiente nº 42.
- RUBIO GARCÍA, J. C. Conservación y Gestión de Humedales Litorales (II). Las Marismas del Odiel y Espacios Litorales de Huelva.
- RUBIO GARCÍA, J.C. (1995). "Gestión y Conservación de las Marismas del Odiel (Huelva) en la última década (1983-1993)". Bases Ecológicas para la Restauración de Humedales Mediterráneos. Montes, C.; Oliva, G.; Molina, F. & Cobos, J. (Eds.) Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. 155-163.
- SARGATAL VICENS, J. (1996). Restauración y Gestión de Humedales y su Avifauna en el Parque Natural de los Aiguamolls de L'emporda.
- SCALERA. R. & D. ZAGHI. (2004). Alien Species and Nature Conservation in the EU: The Role of the LIFE Programme. European Commission, Brussels.
- SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR, 2004. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 2ª edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- SEHUMED (1997) Las salinas mediterráneas a debate en la Unesco: conclusiones y recomendaciones Boletín SEHUMED (1997) Año 1. Número 2. Junio 1997 ISSN 1137 – 7747
- Séminaire international Marais Vernier. (2-5 November 1992). Restoration et Gestion des Zones Humides. Office National de la Chasse.
- SHAPIRO, J., LAMARRA, V. Y LYNCH, M. (1975). Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration. En *Water quality management through biological control* (eds. Brozonik, P.L. y Fox, J.F.), pp. 85-96, Gainesville, Florida, USA.
- SHINE ET AL. (2000). A Guide to Designing Legal and Institutional Frameworks on Alien Invasive Species.
- SKINNER, J. AND ZALEWSKI, S. (1995), Functions and Values of Mediterranean wetlands, MedWet - Tour du Valat Publications: Arles, France

SKOTTE MOLLER, H. (1999). La restauración como elemento de la planificación para la conservación y el uso racional de los humedales. Ramsar COP7 DOC.17.4, San José (Costa Rica), 10 al 18 de mayo de 1999.

SMITH, L. M. & J. KADLEC. (1983). Seed banks and their role during draw-down of a North American marsh. *J. Applied. Ecol.* 20: 673 - 684.

SOBOLEWSKI A, 1999. A review of processes responsible for metal removal in wetlands treating contaminated mine drainage, *International Journal of Phytoremediation*: Vol. 1, nº 1, pp. 19-51.

Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.

SOL SÁNCHEZ et al. (2002). Modelo para la restauración ecológica de áreas alteradas. *Kuxulkab' Revista de Divulgación*. Vol. VII, Número14: 48-60.

SUÁREZ, C. y URIOS, V. (1999) La contaminación por saturnismo en las aves acuáticas del Parque Natural de El Hondo y su relación con los hábitos alimenticios. Sede para el estudio de los Humedales Mediterráneos. *SEHUMED 1*: 83-90.

Stark, M., Davidson, N. & Kouvelis, S. (2004) A Qualitative Assessment of the Status of Mediterranean Wetlands. Report of the MedWet/Com6 Technical Session. 6th Meeting of the Mediterranean Wetlands Committee (MedWet/Com6), Tipasa, Algeria, 2004

TAMISIER, A. (1987). Camargue: quartier d'hiver et de transit pour les oiseaux d'eau. *Le Courier de la Nature* 109: 30-37.

TAMISIER, A. (1992). The Camargue: a model of environmental decline. In: C.M. Finlayson, G. E. Hollis and T. J. Davis (eds.). *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*. IWRB Special Publication 20, Slimbridge, UK. pp 106-108.

Texas park and wildlife. Wetlands assistance guide for landowners.

The Chesapeake Bay Program's Living Resources Subcommittee and The Scientifics and Technical Advisory Committee. (2002). *The Optimization of Benefits from Wetlands Restoration: A Workshop*. Chesapeake Research Consortium, Inc.

The National Academy of Sciences. (1992). *Restoration of aquatic ecosystems: Science, technology and public policy*.

The Nature Conservancy by the Florida Department of Environmental Protection. (1998). *Restoration Procedures Manual for Public Lands in Florida*.

The Federal Interagency Stream Restoration Working Group. (2001). *Stream corridor restoration. Principles, processes, and practices*.

THOMPSON ALICE L. AND CHARLES S. LUTHIN. (2º ed). (2004). *Wetland Restoration Handbook for Wisconsin Landowners*. Bureau Integrated Science Services Wisconsin Department of Natural Resources.

THOMPSON, K. (1992). The functional ecology of seed banks. p. 231 - 258. In M. Fenner (Ed.). *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. C. A. B. I, Inglaterra.

TOMÁS VIVES, P. Acciones coordinadas para la conservación de humedales: la iniciativa MedWet de Conservación de los Humedales Mediterráneos, una iniciativa regional dentro del Convenio Ramsar.

TOMAS VIVES, P. (ed) (1996) *Monitoring Mediterranean Wetlands: A methodological guide* MedWet Publication Wetlands International, Slimbridge U.K. & ICN, Lisboa, Portugal.

TOMÁS VIVES, P. Políticas de conservación y protección de humedales. Marco institucional, administrativo y legal de ámbito nacional e internacional.

TUITE, C.H., HANSON, P.R. y OWEN, M. (1984) Some ecological factors affecting winter wildfowl distribution on inland waters in England and Wales and the influence of waterbased recreation. *Journal of Applied Ecology* 21: 41-62.

UICN. (1992). *Conservación de Humedales, un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias*. Suiza. 99 pp.

UICN. (1995). *Guías para Reintroducciones*. Preparado por el Grupo de Especialistas en Reintroducciones de la Comisión de Supervivencia de Especies (UICN/SSC). Documento aprobado por la 41ª Reunión del Consejo de la UICN. Mayo de 1995.

URICH, DAVID AND J. P. GRAHAM. (1983). Applying Habitat Evaluation Procedures (Hep) To Wildlife Area Planning in Missouri. *Wildl. Soc. Bull.*, 11(3): 215-222.

USEPA, (2000). *Principles for the Ecological Restoration of Aquatic Resources*. EPA841-F-00-003. Office of Water (4501F), United States Environmental Protection Agency, Washington, DC. 4 pp.

USGS. (2002). *Natural restoration basics for wetlands*. Beth Middleton U.S. Geological Survey National Wetlands Research Center.

VAN DER VALK, A. G. (1981). Succession in wetlands: A Gleasonian approach. *Ecology* 62 (3): 688 - 696.

VAN DER VALK, A. G. & C. B. DAVIS. (1978). The role of seed banks in the vegetation dynamics of prairie glacial marshes. *Ecology* 59(2): 322 - 335.

VAN DER VALK, A. G. & C. B. DAVIS. (1979). A reconstruction of the recent vegetational history of a prairie marsh, Eagle Lake, Iowa, from its seed bank. *Aquat. Bot.* 6: 29 - 51.

VIAROLI, P. (1992). Eutrophication of the Po Delta lagoons: evaluation and prospects for restoration. In: C.M. Finlayson, G.E. Hollis and T.J. Davis (eds.). *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*, IWRB Special Publication 20, Slimbridge, UK. Pp 159-164.

VIÑALS, M. J. (coord.) (2002): *El patrimonio cultural de los humedales*. Ministerio de Medio Ambiente, pp.

VIÑALS, M. J. La variabilidad de las cubetas de los humedales mediterráneos: formas y procesos geomórficos. Humedales Mediterráneos, (1999) 91-98 SEHUMED, Valencia (España) ISSN 1137-7755.

WELLER, M.W. (1998). Issues and approaches in assessing cumulative impacts on waterbird habitat in wetlands. Environmental Management 12: 695-701.

WESTRA, L. et al. (2000).- Ecological integrity and the aims of the global integrity project. En: D. Pimentel, L.Westra & R.F. Noss (eds). Ecological Integrity. Integrating Environment, Conservation and Health:19-44; Island Press. Washington, D.C. (USA)

ZALIDIS, G.C., ET AL. (2002). General guidelines for wetland restoration. p. 123-134. In: G.C. Zalidis, T.L. Crisman, and P.A. Gerakis (editors). Restoration of Mediterranean wetlands. A Med-Wet Publication. Hellenic Ministry of the Environment, Physical Planning and Public Works, Athens and Greek Biotope/Wetland Centre, Themi, Greece.

Glossaire

Abiotique : composantes de l'écosystème sans vie. Ce terme est généralement utilisé pour désigner les influences chimiques et physiques sur les organismes.

Alluvial : formé par les processus de flux d'une rivière, par exemple : plaine alluviale.

Anaérobiose : processus biochimiques qui ne nécessitent pas la présence d'oxygène libre pour se développer.

Anoxie : absence d'oxygène moléculaire.

Aquifère : corps perméable constitué de roche capable de stocker des quantités importantes d'eau souterraine. Zone subsuperficielle qui apporte des quantités économiquement importantes d'eau aux puits.

Association végétale : communauté végétale à la composition floristique caractéristique et possédant des espèces végétales dont est tiré son nom. Les associations végétales sont liées aux conditions écologiques et géographiques caractéristiques.

Atténuation : action d'atténuer ou de diminuer l'impact négatif sur l'environnement produit par différentes activités afin de le réduire à des limites tolérables ou tolérées par la réglementation en vigueur.

Autotrophe : organisme qui obtient le carbone directement à partir du dioxyde de carbone et utilise des sources inorganiques d'azote et d'autres éléments par biosynthèse.

Barrage : obstacle artificiel qui augmente la profondeur du lit d'une rivière ou d'un cours d'eau, ou le détourne en un canal pour la navigation ou l'irrigation.

Barre ou banc : tas de sable, gravier ou de tout autre sédiment non consolidé, submergé ou partiellement submergé, construit par vagues ou courants dans des chenaux, embouchures d'estuaires ou le long d'une côte.

Bassin hydrographique : il s'agit de la partie des eaux de surface ou souterraines, qui se jettent dans un réseau hydrographique naturel par une ou plusieurs voies fluviales naturelles, dont l'écoulement est continu ou intermittent, qui confluent vers un cours d'eau plus grand, qui peut, à son tour, se jeter dans une rivière principale, dans un dépôt naturel d'eau, dans une retenue d'eau ou directement dans la mer. Ses paramètres morphologiques, telles que l'aire, la pente, le périmètre ou la perméabilité du sol peuvent expliquer les variations existant dans les phénomènes hydrographiques et servir à élaborer les équations prophétiques.

Bassin ou mare : petit réservoir de stockage ou petite étendue d'eau.

Bassin versant : aire de drainage superficielle qui fournit de l'eau à un système aquatique.

Bilan hydrique : équilibre entre les entrées et les sorties d'eau dans un système.

Biocénose : regroupement naturel d'êtres vivants.

Biodiversité : selon la définition d'E.O. Wilson, il s'agit de la variété d'organismes considérée à tous les niveaux, des variantes génétiques appartenant à la même espèce à des ensembles d'espèces, en passant par les ensembles de genres, de familles et de niveaux taxonomiques supérieurs ; elle comprend la variété des écosystèmes, qui inclut aussi bien les communautés d'organismes qui vivent dans des habitats spécifiques que les conditions physiques dans lesquelles ils vivent.

Biote aquatique : ensemble d'organismes qui vivent ou qui dépendent d'un environnement aquatique.

Biotope : peut être défini comme la partie d'un territoire dans lequel se produisent les conditions environnementales nécessaires pour qu'un groupe particulier d'organismes se développe. Par exemple, les pâturages, prairies, forêts etc. peuvent constituer différents biotopes.

Canal : cours d'eau artificiel dans lequel est contrôlé le niveau d'eau, utilisé notamment pour la navigation ou le transport de l'eau.

Canal de drainage : canal artificiel servant à éliminer l'excès d'eau.

Chenalisation : canalisation et approfondissement des courants d'eau dans un système fluvial pour créer des voies plus navigables, prévenir les inondations, etc.

Charge critique : quantité maximale de polluant que peut absorber un écosystème sans subir de modifications significatives.

Charophytes : environ 200 espèces d'algues vertes de la classe Charophyceae. Parmi les algues vertes, les charophytes sont les seuls taxons qui correspondent à la définition des macrophytes aquatiques du fait de présenter une taille plus importante que le reste des algues vertes et un aspect similaire à celui des plantes supérieures, avec un rhizoïde et des ramifications en guise de feuilles. Le reste des algues vertes font partie du plancton et des organismes benthiques.

Clôture électrique : Clôture métallique électrifiée, fonctionnant généralement à l'énergie solaire, qui est utilisée pour empêcher le bétail ou la faune sauvage d'entrer ou de sortir d'un terrain.

Condition de saturation : condition du sol dans laquelle tout l'espace vide entre les particules est rempli d'eau.

Cône alluvial ou cône de déjection : dépôt alluvial formé par un cours d'eau à forte pente à l'endroit où celui-ci atteint une plaine.

Côte : zone de terrain à proximité de la mer ou d'un lac.

Création d'une zone humide artificielle : simulation des caractéristiques et des propriétés d'une zone humide naturelle dans une zone non humide. Les objectifs typiques de la création de zones humides artificielles sont le remplacement des écosystèmes ou la gestion des eaux torrentielles.

Cycle hydrologique : succession d'étapes par lesquelles passe l'eau dans son mouvement de l'atmosphère à la terre et lors de son retour à celle-ci : évaporation de l'eau du sol, de la mer et des eaux continentales, condensation de l'eau sous forme de nuages, précipitations, accumulation dans le sol ou dans des masses d'eau et réévaporation.

Débit : volume d'eau qui coule à travers une section transversale d'une rivière ou d'un canal dans l'unité de temps.

Delta : dépôt alluvial à l'embouchure d'une rivière constitué par une accumulation transitoire de sédiments alimentée par une rivière et distribuée par des vagues et des courants d'un lac ou de la mer, qui se produit lorsque l'approvisionnement dépasse la capacité de dispersion des vagues et des courants. Il s'agit d'un milieu de transition et mixte.

Dépôt alluvial : accumulation d'argile, de limon, de sable, de gravier ou de tout autre matériel transporté en suspension par la rivière et déposés lorsque la vitesse du flux de l'eau est insuffisante pour les maintenir en suspension.

Drainage : extraction d'eau souterraine ou de surface par gravité ou par pompage. **Écodomaine** : niveau de la classification hiérarchique des écosystèmes adoptée et dans lequel sont pris en considération aussi bien les facteurs de contrôle que les rangs scalaires dans lesquels se manifestent les différents écosystèmes. À l'échelle de l'écodomaine, la classification des écosystèmes est établie par grandes zones climatiques, ensembles morphostructurels et lithologies. Dans la proposition de classification des écosystèmes d'Andalousie quatre écosystèmes sont différenciés à l'échelle d'écodomaine : les Cordillères bétiques, la dépression du Guadalquivir, Sierra Morena et le littoral bétique.

Eaux dormantes : étendue d'eau relativement calme, où le drainage est entravé par une obstruction telle qu'une barre de sédiments dans un lac ou un banc de sable au niveau de la sortie d'une lagune côtière.

Ecosystème : il s'agit d'un système d'interactions entre les organismes vivants et leur environnement physique.

Écotone : zone de transition à la frontière de deux écosystèmes comme par exemple le terrestre et l'aquatique et où se trouvent des espèces de chacun des deux écosystèmes ou des espèces exclusives à cette zone.

Edaphique : relatif ou appartenant au sol.

Embouchure : chenal ou passage de mer vers une baie ou un étang littoral qui maintient en contact la zone humide et la mer.

Endoréique : drainage dans des bassins fermés, sans sortie par flux de surface ou subsurface ; l'apport d'eau est perdu seulement par évaporation.

Endoréisme : au sens strict il s'agit de l'influence des eaux d'un territoire vers l'intérieur, sans écoulement dans la mer.

Engrèvement : dépôt de matière minérale et/ou organique.

Erosion : usure et transport des éléments du sol par le passage de cours d'eau, glaciers, vents et vagues.

Espèce indicatrice : espèce dont la présence ou l'absence apporte des informations sur une ou certaines caractéristiques du milieu ou de la biocénose dont elle fait partie.

Estuaire : partie terminale d'un fleuve de forme évasée où la mer remonte, et où s'effectue le mélange des eaux douces et des eaux marines, et qui est soumise à l'action des marées. Ces

caractéristiques permettent aux estuaires de présenter une grande diversité d'environnements ou d'habitats et de constituer l'un des écosystèmes les plus biologiquement productifs de la nature.

Eutrophisation : un corps d'eau est dit eutrophisé lorsqu'il possède un enrichissement en nutriments qui provoque une croissance excessive d'organismes, entraînant la diminution de la concentration en oxygène jusqu'à des niveaux minimes ou son épuisement. L'eutrophisation des eaux provoque une détérioration de la qualité du milieu aquatique pour certaines utilisations ou exploitations.

Évapotranspiration : transfert d'eau de la surface de la terre vers l'atmosphère par l'effet du rayonnement solaire, par l'évaporation des eaux, de la surface du sol et par la transpiration des plantes.

Exoréique : drainage dans des bassins présentant une sortie à la mer.

Facteurs limitants : facteurs qui conditionnent la présence ou l'abondance des populations végétales et animales dans un lieu et un temps donnés.

Forêt galerie : zones de rives ou vallées fertiles où abonde la végétation arborée ou arbustive.

Grève : ceinture ou zone aux matières non consolidées, sable ou matières transportées par les courants marins, qui s'étend le long de la ligne d'eau. La grève s'étend depuis cette ligne d'eau jusqu'à un endroit dans lequel il existe un changement marqué de matières ou une forme physiographique ou jusqu'à la ligne de végétation permanente.

Halophyte : plante capable de vivre dans des sols salins.

Hélophytes : plantes pérennes qui maintiennent le contact avec des zones saturées en eau et qui occupent généralement des aires de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. La *Thypha domingensis* est un exemple d'hélophyte typique des zones humides d'Andalousie.

Hydropériode : décrit la disponibilité en eau d'une zone humide au moment de caractériser son schéma saisonnier et interannuel d'inondation. Elle est définie par la durée et la fréquence des inondations de la zone humide. Trois types sont définis : permanente, temporaire et cotidiale.

Hydrophyte : plantes aquatiques dont les organes assimilateurs sont submergés ou flottants. Elles ont besoin du milieu aquatique pour compléter leur cycle de vie.

Hygrophytes : plantes et communautés propres aux milieux très humides. Elles sont installées de préférence en marge des zones humides, enracinées sous l'eau ou dans des sols humides, ayant un approvisionnement abondant en eau. Cette définition comprend les espèces des zones palustres qui sont connues sous le nom d'hélophytes, qui gardent leur base submergée pendant de longues périodes de temps, mais dont les feuilles et inflorescences sont émergentes.

Illuviation : accumulation à faible profondeur (généralement dans l'horizon B), formant parfois une couche dure, de substances séparées de l'horizon supérieur du sol par lessivage, notamment des colloïdes, sels et particules minérales (F. J. Monkhouse.).

Indicateurs écologiques : organisme, communauté écologique ou caractéristique structurelle si strictement associé à une condition environnementale particulière que sa présence indique l'existence d'une telle condition.

Inondation : débordement en dehors des limites normales d'une rivière, ou inondation par des eaux provenant de drainages, dans des zones qui normalement ne se trouvent pas inondées. Accumulation d'eau contrôlée par irrigation.

Lac : étendue isolée et permanente d'eau au volume considérable et communiquant ou non avec la mer.

Lacustre : relatif à un lac.

Lagune : étendue d'eau de faible volume, souvent à caractère temporaire.

Lentique : système constitué par les eaux dont la principale caractéristique est le confinement dans des limites de terre déterminées telles que : lacs, lagunes,...

Ligne côtière : ligne d'intersection de la mer ou d'un lac avec la terre. La zone de terre immédiatement à l'intérieur de la ligne côtière est appelée côte et celle vers la mer rive.

Lit : endroit où s'écoule l'eau d'une rivière ou d'un ruisseau.

Lotique : cours d'eau au courant unidirectionnel qui relie un terrain de hauteur supérieure à un autre de moindre hauteur.

Macrophyte : plante de taille relativement importante ; relatif, en général, aux formes aquatiques.

Marais littoral : zone humide ouverte présentant une végétation de joncs, herbes et roseaux et de petites lagunes et canaux entrelacés. C'est une zone de transition entre des écosystèmes terrestres et aquatiques, généralement recouverte d'eau ou saturée en eau souterraine très près de la surface. Associés aux rivières, lacs ou terrasses marines.

Marais salant : zone à forte concentration de dépôts de sels cristallins. Plan d'eau à forte concentration en sel.

Méandre : courbe formée dans le cours d'une rivière.

Oueds : cours d'eau propres aux zones arides où les précipitations annuelles sont rares et avec une forte composante erratique dans la distribution temporelle, ce pourquoi de tels cours d'eau restent à sec pendant de longues périodes, mais peuvent connaître des crues intenses et de courte durée en raison de pluies torrentielles.

Plaine alluviale : plaine formée par le dépôt de substances alluviales, généralement adjacente à une rivière et présentant des inondations périodiques.

Plaine d'inondation : zones régulièrement inondées, situées près des rives des rivières ou lacs ou sous la surface de l'eau. Ces périodes d'inondation entraînent des adaptations spécifiques qui leur donnent certaines caractéristiques qui, à leur tour, déterminent l'existence de communautés biologiques particulières.

Niche : partie d'un écosystème qu'occupe une espèce particulière.

Oligotrophe : milieu présentant un manque d'éléments nutritifs.

Palustre : relatif aux retenues d'eau, marais littoraux et tourbières.

Pâturage : utilisation d'herbivores, domestiques ou sauvages, comme un outil pour le contrôle de la végétation.

Paysage : partie d'espace vu à partir d'une échelle d'activités humaines. Cette définition dépend de l'hétérogénéité ou homogénéité spatiale et temporelle, des utilisations et occupations que l'homme fait de cet espace et de l'environnement naturel ou modifié.

Percolation : mouvement descendant d'eau dans le sol, en raison de l'influence de la gravité.

Périphyton : ensemble d'organismes de petite taille (animaux ou plantes) qui vivent attachés à des substances ou des plantes submergées, formant, avec leurs détritiques, une couche ou pellicule en surface.

Perméabilité : propriété d'une substance qui permet le passage de l'eau.

Phréatique : appartenant ou relatif à la zone saturée en eau dans le sous-sol.

Phytobenthos : communauté végétale qui vit au fond d'un courant, d'un lac ou de la mer.

Plancton : ensemble des organismes de taille microscopique (animaux, végétaux et bactéries) qui vivent en suspension dans l'eau. Ils se maintiennent dans une masse d'eau flottant de façon passive, par le mouvement de l'eau, ou de façon active, s'ils disposent de structures qui permettent leur mobilité (par exemple des cils cellulaires, flagelles, vacuole de gaz, etc.). Le phytoplancton désigne l'ensemble des organismes planctoniques photosynthétiques, tandis que le zooplancton est formé par les espèces planctoniques animales.

Population : ensemble d'individus d'une même espèce qui constituent une unité démographique fonctionnelle.

Barrage ou digue : ouvrage construit pour retenir le débit d'eau dans une zone déterminée le long de son lit ou pour éviter les inondations en raison des marées ou ondes.

Processus morphodynamiques : combinaisons de mécanismes naturels prédominants reconnaissables au sein d'un système morphogénétique spécifique et qui déterminent l'existence de systèmes morphodynamiques différents, auxquels sont associées également des formations de surface modelées, particulières et caractéristiques.

Reboisement : mise en place d'une nouvelle végétation à l'aide d'une régénération naturelle ou d'une plantation dans une zone déboisée.

Restauration des zones humides : rétablissement des conditions et des fonctions perdues des zones humides détruites ou dégradées.

Restinga : langue ou pointe formée par des sédiments apportés par les fonds marins ou par les rivières au niveau de leur embouchure et qui peuvent constituer une barrière littorale.

Retenue d'eau : type de terrain humide à l'eau stagnante de manière permanente ou durant une période importante et qui possède une couverture dense de végétation indigène. Les retenues d'eau peuvent être d'eau douce ou salée et soumises ou non aux marées.

Riparien : qui fréquente, pousse ou vit le long des rivières.

Rive : bande de terre située à proximité d'un plan d'eau comme une rivière ou un lac.

Ruisseau : cours d'eau petit et peu profond, présentant en général un écoulement permanent et en quelque sorte agité.

Saumâtre : eau d'une valeur approximative de salinité comprise entre 0,50 à 17,00 parts pour mille.

Sécheresse hydrologique : période au climat anormalement sec suffisamment prolongée pour engendrer une diminution significative du débit des rivières, du niveau des lacs et/ou un épuisement de l'humidité du sol et une baisse des niveaux des eaux souterraines au-dessous de leurs valeurs normales.

Sédiment : matière solide de nature organique ou minérale (émanant principalement de roches désintégrées) et qui est transportée, suspendue ou déposée par l'eau.

Sédimentation : processus de dépôt et installation par gravité de la matière en suspension dans l'eau.

Sols alcalins : plaine recouverte de sels alcalins engendrés par l'évaporation de l'eau accumulée dans une dépression.

Succession : substitution progressive d'une communauté au sein d'un écosystème au fil du temps. Ces changements sont la conséquence des interactions entre les organismes et les facteurs abiotiques de l'écosystème. Lorsqu'on parle plus précisément de succession chez les communautés végétales, la séquence des communautés est appelée série de végétation et chaque étape constitue un état de celle-ci.

Systèmes morphogénétiques : expression de l'ensemble des processus géomorphologiques plurizonaux qui se superposent sous l'influence directe du climat sur le relief terrestre, qui conditionnent la genèse et le développement d'un modelé et de formations particulières de surface.

Torrent : cours d'eau à la forte pente, au débit rapide et agité.

Tourbière : zone humide plane, développée sur des tourbes acides et recouvertes par une formation palustre avec accumulation de matière végétale. Le manque d'oxygène engendre la production de tourbe par la décomposition de matière organique. La tourbe contient 60 % de carbone et est utilisable comme combustible.

Unité hydrogéologique : il s'agit d'un ou de plusieurs aquifères regroupés dans le but d'obtenir une gestion rationnelle et efficace de l'eau.

Définitions extraites ou modifiées du Plan andalou des zones humides (Ed. Ministère régional de l'environnement, 2002) et du Dictionnaire de la Nature (Ed. Espasa Calpe, 1987) ; Glossaire des termes existants sur le site Web de l'initiative pour les zones humides méditerranéennes MedWet (www.medwet.org) ; « Dictionnaire de l'eau », élaboré par la Convention Ramsar (www.aguamarket.com) ; Dictionnaire des termes piscicoles (élaboré pour le Dictionnaire de la terminologie forestière de la Société espagnole des Sciences forestières et par la suite corrigé et complété).

Sites Internet

Projets évoqués dans le manuel :

Espagne

www.cma.junta-andalucia.es/ www.cma.junta-andalucia.es/ www.cma.junta-andalucia.es/ www.mma.es	Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie, LIFE03 NAT/E/000055. Amélioration de la gestion de la SIC et ZICO de Cabo de Gata-Nijar, LIFE00 NAT/E/007304. Conservation des habitats littoraux de la province de Cadix, LIFE03 NAT/E/000054. Doñana 2005. Régénération hydrique des bassins et bassins versants des marais littoraux du Parc National de Doñana.
www.cma.junta-andalucia.es/ www.globalnature.org/	Projet « Corridor vert du Guadiamar », Gouvernement régional d'Andalousie. Lacs vivants : gestion durable des zones humides et des lagunes steppiques, LIFE00/ENV/D/000351.
www.recogesal.org/	Restauration, conservation et gestion de la lagune de Gallocanta-ReCoGeSAL, LIFE99/NAT/E/006405.
www.globalnature.org/ aquifertordera.net/	Zones humides de Villacañas, LIFE99NAT/E/006339. Gestion durable, à échelle locale, de l'aquifère alluvial de la rivière Tordera par la réutilisation d'eaux usées, LIFE00/ENV/E/00539.
www.torroella.org/	Restauration et aménagement des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter, LIFE99 NAT/E/006386.
www.cime.es/lifebasses/es/index.php	Conservation et gestion des mares temporaires à Minorque, LIFE05 NAT/E/000058.

France

www.tourduvalat.org/	Conservation des lagunes temporaires méditerranéennes, LIFE99 NAT/F/006304.
----------------------	---

Grecia

www.life-trichonis.gr users.hol.gr/~etanam/life/english.htm www.anka.gr/ellinika/life/	Actions pour la protection de la tourbière calcaire du lac Trichonis, LIFE99 NAT/ GR/006499. Gestion et conservation intégrée des zones humides d'Amvrakikos, LIFE99NAT/GR/6475. Mise en œuvre de mesures de gestion dans le lac de Tavropos en Grèce, LIFE99 NAT/GR/006480.
--	--

Italia

www.tu-berlin.de/fb7/barene	Marais littoraux : protection et réhabilitation à l'aide de techniques de bio-ingénierie, LIFE99 NAT/IT/006246.
www.gilia.net/	GILIA, hagiotopeyme du haut moyen âge utilisé pour identifier l'ensemble des zones humides du Stagno di Cagliari, LIFE96 NAT/IT/003106. Programme LIFE de restauration d'habitats d'espèces.
www.carricerincejudo.org/principal.htm	Conservation du phragmite aquatique dans la ZICO « La Nava-Campos » LIFE02 NAT/E/008616.
www.lifeduna.com/	Modèle de restauration des habitats dunaires dans l'étang littoral de Valence (Espagne), LIFE00 NAT/ E/007339.
www.lifeduna.com/	Restauration des dunes littorales à l'aide de génévrier à Valence (Espagne), LIFE04 NAT/ES/000044. Programmes LIFE de zones humides méditerranéennes liés aux espèces allochtones.
www.lpo.fr/etudes/life_nature/ life_butor/index.shtml	Programme de restauration et de gestion de l'habitat du butor étoilé en France, LIFE00 NAT/F/7269.
www.comune.rodigo.mn.it/ amicidelmincio/Riserva/ Gestione.htm#ProgettoLife www.torbiere.it/eng/index.htm	Conservation de la Réserve Naturelle de la Vallée du Mincio, LIFE96 NAT/IT/3073. Biodiversité des tourbières de l'Iseo : conservation et gestion, LIFE99 NAT/IT/6212.

Initiative zones humides méditerranéennes medwet :

Membres

www.medwet.org .	Initiative MedWet des zones humides méditerranéennes.
www.tourduvalat.org .	Station biologique de la Tour du Valat.
www.ekby.gr .	Centre grec des biotopes et zones humides (EKBY).
www.sehumed.uv.es .	Siège pour l'étude des zones humides méditerranéennes.
www.icn.pt .	Institut de Conservation de la nature du Portugal.
www.arpat.toscana .	Agence régionale pour la Protection de l'environnement de la Toscane.

Proyectos

www.icn.pt/medwet .	Projet MedWet SUDOE.
www.medwet.org/nawn .	Protection et développement durable des zones humides d'Afrique du nord.
www.medwet.coast .	Projet MedWetCoast.
www.medwet.org/prespa/	Parc de Prespa.

Organisations méditerranéennes :

www.unep.map.org .	Programme des Nations Unies pour l'environnement Plan d'Action pour la Méditerranée.
www.gwpmed.org .	Global Water Partnership Mediterranean.
www.emwis.org .	Système euro-méditerranéen d'information sur le savoir-faire dans le domaine de l'eau.
www.medies.net .	Initiative méditerranéenne d'éducation à l'environnement et au développement durable.
www.uicnmed.org .	UICN Centre de coopération pour la Méditerranée.
www.medforum.org .	Réseau d'ONG de la Méditerranée pour l'Écologie et le Développement durable.
www.medhycos.org .	MED-HYCOS Système méditerranéen d'observation du cycle hydrologique.
www.mio-ecsde.org .	Bureau méditerranéen d'information sur l'environnement, la culture et le développement durable.
www.enbi.info	Réseau européen d'information et d'observation pour l'environnement.
www.eucc.nl .	EUCC Union côtière.
www.ecnc.org	Centre européen pour la conservation de la nature.

Organisations espagnoles :

www.inbio.ac.cr .	INBio Institut national de la biodiversité.
www.aeet.org	Association espagnole d'écologie terrestre.
www.fundacionglobalnature.org	Fondation Global Nature

Organisations liées à la restauration des zones humides :

www.estuaries.org .	Restore American's Estuaries.
www.ser.org	Society for Ecological Restoration.
www.user.erols.com/wetlandg/	National Wetlands Conservation Alliance.
www.conservation-resources.com .	Conservation Resources, LLC.
www.wetlandsbank.com	Wetlandsbank, Inc.
www.ine.gob.mx/dgoece/	Institut national d'écologie

Organisations internationales :

www.unep.org .	PNUE Programme des Nations Unies pour l'environnement.
www.unep-wcmc.org	UNEP World Conservation Monitoring Centre.
www.wetlands.org .	Wetlands International.
www.wetlands.ca .	WetNet- The Wetlands Network Homepage.
www.wetlands.fws.gov .	National Wetlands Inventory Homepage.
www.ifen.fr/pages/4onzh.htm	Observatoire national des zones humides (France).
www.uicn.org .	Union internationale pour la conservation de la nature
www.wwf.org .	Fonds mondial pour la nature.
www.birdlife.org .	Birdlife International.
www.panda.org .	WWF International.
www.ewaonline.de .	European Water Association (EWA).
www.also.org .	Société américaine de limnologie et d'océanographie.

www.limnology.org	Société internationale de limnologie.
www.conservation.org	Conservation internationale
www.fws.gov/birdhabitat	Conseil nord-américain de conservation des terres humides
www.nwrc.usgs.gov	National Wetlands Research Centre.
www.cfw.ufl.edu	Centre pour les zones humides de l'Université de Floride.
www.earthtrends.wri.org	Earth Trends El Portal de Información ambiental.
www.ivmi.cgiar.org	Institut international de gestion de l'eau.
www.irn.org	International Rivers Network.
www.imo.org	International Maritime Organization.
www.livinglakes.org	Living Lakes.
www.birdsandwetlands.com	Migratory Birds and Wetlands Newslinck.
www.sws.org	Society of Wetlands Scientists.
www.nature.org	The Nature Conservancy.
www.riverbasin.org	River Basin Initiative.
www.wetkit.net	Wetkit Herramientas para trabajar con humedales en Canadá.
www.wri.org	Words Resources Institute.
www.worldwatercouncil.org	Conseil mondial de l'eau.
www.ine.gov.mex	Institut national d'écologie (Mexique).

Organismes officiels :

www.mma.es	Ministère de l'Environnement.
www.nature.coe.int	Conseil de l'Europe.
www.org.eea.eu.int	Agence européenne pour l'environnement (AEE).
www.europa.eu.int	Commission européenne.
www.europa.eu.int/comm/environment/life/funding/index.htm	Commission européenne Projets LIFE.
www.eurosite-nature.org	Eurosite.
www.ims.wcmc.org.uk/IPIECA2/regions.htm	Service d'information sur l'environnement WCMC.
www.wwfreshwater.org	WWF-Programme européen Eau Douce.
www.biodiversity.eunet.eu.int	Centre thématique européen pour la diversité biologique.
www.epa.gov	Agence de protection de l'environnement des Etats Unis (EPA).
www.nwrc.usgs.gov	National Wetlands Research Center.
www.usda.gov	Département d'agriculture des Etats-Unis.
www.wes.army.mil/el/wetlands/	Laboratoire environnemental WES-Zones humides (Corps des ingénieurs des Etats-Unis).

Conventions internationales :

www.ramsar.org	Convention Ramsar relative aux zones humides.
www.cites.org	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction.
www.cms.int	Convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage.
www.biodiv.org	Convention des Nations Unies sur la diversité biologique.
www.coe.int/T/E/Cultural_Co-operation/Environment/Nature_and_biological_diversity/Nature_protection	Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe.
www.whc.unesco.org	Convention concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO). Convention de Paris.
www.unesco.org/mab/	Programme sur l'Homme et la biosphère de l'UNESCO.
www.unep-aewa.org	Accord sur la conservation des oiseaux aquatiques migrateurs d'Afrique-Eurasie.

Acronymes

ASAJA	Association espagnole des jeunes agriculteurs
CDB	Convention sur la diversité biologique.
CEZH	Centre des Zones Humides du Portugal.
CITES	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction.
DGCONA	Direction générale pour la conservation de la nature.
AEE	Agence européenne pour l'environnement
ECNC	Centre européen pour la conservation de la nature.
EKBY	Centre Grec pour les biotopes et les zones humides.
SEMIDE	Système euro-méditerranéen d'information sur le savoir-faire dans le domaine de l'eau.
IAH	Inventaire andalou des zones humides.
IME	Institut méditerranéen de l'eau.
IWMI	Institut international de gestion de l'eau.
BIROE	Bureau international de recherches sur la sauvagine et les zones humides
MedCom	Comité méditerranéen pour les zones humides.
MedWet	Initiative pour la conservation des zones humides méditerranéennes.
MIMAM	Ministère de l'Environnement.
PAH	Plan andalou des zones humides.
PHN	Plan hydrologique national espagnol.
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement.
SEHUMED	Siège pour l'étude des zones humides méditerranéennes.
SER	Société internationale pour la restauration écologique
SIG	Systèmes d'information géographique
PNUE/PAM	Programme des Nations Unies pour l'environnement. Plan d'action pour la Méditerranée.
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
UNESCO	Convention concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
WWC	Conseil mondial de l'eau.
WWF	Fonds mondial pour la nature.
WWI	Institut mondial des ressources
ZSC	Zones spéciales de conservation.
ZICO	Zone importantes pour la conservation des oiseaux.
ASPIM	Aires spécialement protégées d'importance méditerranéenne.

Remerciements

Afrodity, Tsekreka (Development Agency of Karditsa S.A.). Projet LIFE-Nature « Mise en œuvre des mesures de gestion dans le lac de Tavropos en Grèce », (LIFE99 NAT/GR/006480).

Balaguer, Lluís (Gouvernement régional de Catalogne). Projet LIFE-Nature « Restauration et gestion intégrée de l'île de Buda », LIFE96 NAT/E/003180 et Projet LIFE-Environnement « Gestion durable, à échelle locale, de l'aquifère alluvial de la rivière Tordera, par la réutilisation d'eaux usées », (LIFE00 ENV/E/00539).

Bellani, Adriano (Parco Ticino) et Puzzi, Cesare (GRAIA srl). Projet LIFE-Nature « Récupération et sauvegarde des habitats menacés dans la Réserve Naturelle du Tevere-Farfa », LIFE97/NAT/IT/004132.

Comín, Francisco (Directeur de l'Institut pyrénéen d'écologie (IPE) et Sorando, Ricardo (Association de guides de la lagune de Gallocanta). Projet LIFE-Nature, « Restauration, conservation et gestion de la lagune de Gallocanta-ReCoGeSAL », LIFE99/NAT/E/006405.

De Miguel, Eduardo (Fondation Global Nature). Programme LIFE-Environnement : « Nouveaux filtres verts avec des macrophytes en flottation pour la Région Méditerranéenne » (LIFE02 ENV/E/000182) et projet LIFE-Nature « Zones humides de Villacañas », LIFE99NAT/E/006339.

Dimitriou, Elias (Hellenic Centre for Marine Research). Projet LIFE-Nature « Actions pour la protection de la tourbière calcaire du lac Trichonis », LIFE99 NAT/GR/006499.

Gattenlöhner, Udo (Global Nature Fund). Projet LIFE-Environnement, « Lacs vivants : gestion durable de zones humides et de lagunes steppiques », LIFE00/ENV/D/000351.

Huesa, Ramón. (Ministère régional de l'environnement). Projet LIFE-Nature « Amélioration de la gestion du SIC et de la ZICO de Cabo de Gata-Nijar », LIFE00 NAT/E/007304.

Jubete, Fernando (Fundación Global Nature). Projet LIFE « Lacs vivants : gestion durable de zones humides et de lagunes steppiques », LIFE00/ENV/D/000351).



**Junta de
Castilla y León**

Gouvernement régional de Castille et Leon. Projet de récupération « Lagunes de Villafáfila ».

Loi, Irini (ETANAM) et Vrettou, Effie (OIKOS-Nature Management Ltd.). Projet LIFE-Nature « Gestion et conservation intégrée des zones humides d'Amvrakikos », (LIFE99NAT/GR/6475).

Moreno Arroyo, Baldomero. Directeur-conservateur de la Réserve Naturelle Lagunes du sud de Cordoue. Projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055.

Paracuellos Rodriguez, Mariano. Projet LIFE-Nature « Conservation des étangs littoraux d'Adra », LIFE98 NAT/E/5323.

Perennou, Christian (Station biologique Tour du valat). Projet LIFE-Nature « Conservation des lagunes temporaires méditerranéennes », LIFE99 NAT/F/006304.

Quintana, Xavier (Université de Gérone / Mairie de Torroella de Montgrí). Projet LIFE-Nature « Restauration et aménagement des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter », LIFE99 NAT/E/006386.

Robles, José Fernando (ASAJA-Séville). Projet LIFE-Environnement « Gestion intégrée de l'agriculture dans l'environnement des zones humides d'importance communautaire » LIFE04 ENV/E/000269.

Rubio García, Juan Carlos. Directeur conservateur du Site Naturel des marais littoraux de l'Odiel. Projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055.

Sánchez, Alejandro ; Barrio, Fernando et Ripio, Ignasi (SEO/BirdLife). Projet LIFE-Nature « Amélioration de la gestion de la ZICO du delta de l'Ebre » (LIFE96 NAT/E/003133).

Photographies

Alcalá-Zamora Barrón, Armando. Plan Andalou des oiseaux aquatiques.

Balaguer, Lluís (Gouvernement régional de Catalogne). Projet LIFE-Nature « Restauration et gestion intégrée de l'île de Buda », LIFE96 NAT/E/003180 et Projet LIFE-Environnement « Gestion durable, à échelle locale, de l'aquifère alluvial de la rivière Tordera, par la réutilisation d'eaux usées », (LIFE00 ENV/E/00539).

Borrell, Joan (EGAM SL). Projet LIFE-Environnement « Gestion durable, à échelle locale, de l'aquifère alluvial de la rivière Tordera, par la réutilisation d'eaux usées », (LIFE00 ENV/E/00539).

Brouziotis, Theofilos. Projet LIFE-Nature « Mise en œuvre de mesures de gestion dans le lac de Tavropos en Grèce », (LIFE99 NAT/GR/006480).

De le Court, Claudine. Plan régional de conservation de la spatule en Andalousie.

De Miguel, Eduardo (Fondation Global Nature). Programme LIFE-environnement : « Nouveaux filtres verts avec des macrophytes en flottation pour la Région Méditerranéenne » (LIFE02 ENV/E/000182) et projet LIFE-Nature « Zones humides de Villacañas », LIFE99NAT/E/006339.

Dimitriou, Elias (Hellenic Centre for Marine Research). Projet LIFE-Nature « Actions pour la protection de la tourbière calcaire du lac Trichonis », LIFE99 NAT/GR/006499.

Gattenlöhner, Udo – GNF. Projet LIFE-Environnement, « Lacs vivants : gestion durable de zones humides et de lagunes steppiques », LIFE00/ENV/D/000351.

Gattenlöhner, Udo – GNF. Projet LIFE-Environnement, « Lacs vivants : gestion durable de zones humides et de lagunes steppiques », LIFE00/ENV/D/000351.

Huesa, Ramón. (Ministère régional de l'environnement) Projet LIFE-Nature « Amélioration de la gestion du SIC et de la ZICO de Cabo de Gata-Níjar », LIFE00 NAT/E/007304.

Jerrentrup, Hans – EPO. Projet LIFE-Environnement, « Lacs vivants : gestion durable de zones humides et de lagunes steppiques », LIFE00/ENV/D/000351.

Jubete, Fernando (Fundación Global Nature). Projet LIFE-Environnement, « Lacs vivants : gestion durable de zones humides et de lagunes steppiques », LIFE00/ENV/D/000351.

Gouvernement régional de Castille et Leon. Projet de récupération « Lagunes de Villafáfila ».

Loi, Iriani (ETANAM) et Vrettou, Effie (OIKOS-Nature Management Ltd.) Projet LIFE-Nature « Gestion et conservation intégrée des zones humides d'Amvrakikos », (LIFE99NAT/GR/6475).

Lorenzo, Miguel. Direction générale de conservation de la nature. Ministère régional de l'Environnement. Gouvernement régional de Galice.

Ortega González, Fernando. Surveillance et évaluation du Plan andalou des zones humides. Ministère régional de l'Environnement. Direction générale du RENPA (Réseau d'espaces naturels protégés d'Andalousie).

Paracuellos Rodríguez, Mariano. Projet LIFE-Nature « Conservation des étangs littoraux d'Adra », LIFE98 NAT/E/5323.

Pérez Ortigosa, Antonio Miguel. Travaux de restauration du Site Naturel de l'embouchure du Guadalhorce.

Puzzi, Cesare (GRAIA srl), Projet LIFE-Nature « Récupération et sauvegarde des habitats menacés dans la Réserve Naturelle du Tevere-Farfa », LIFE97/NAT/IT/004132.

Quintana, Xavier (Université de Gérone / Mairie de Torroella de Montgrí) Projet LIFE-Nature « Restauration et aménagement des lagunes et des systèmes côtiers du Baix Ter », LIFE99 NAT/E/006386.

Rendón Martos, Manuel. Directeur-conservateur de la Réserve Naturelle de la lagune de Fuente de Piedra et Miguel Ángel Gerada. Projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055.

Robles, José Fernando (ASAJA-Séville). Projet LIFE-Environnement « Gestion intégrée de l'agriculture dans l'environnement des zones humides d'importance communautaire intégrée » LIFE04 ENV/E/000269.

Roché, Jean et Fuselier, J. Projet LIFE-Nature « Conservation des lagunes temporaires méditerranéennes », LIFE99 NAT/F/006304

Rodríguez Olivares, Rubén. Plan régional de conservation de la spatule en Andalousie.

Sánchez, Alejandro ; Barrio, Fernando et Ripio, Ignasi (SEO/BirdLife). Projet LIFE-Nature « Amélioration de la gestion de la ZICO du delta de l'Ebre » (LIFE96 NAT/E/003133).

Serveto Aguiló, Patxi. Pour le projet « Corridor vert du Guadiamar »,

Sorando, Ricardo (Association de guides de la lagune de Gallocanta). Projet LIFE-Nature, « Restauration, conservation et gestion de la lagune de Gallocanta-ReCoGeSAL », LIFE99/NAT/E/006405.

Varela Báez, Lorenzo. Projet LIFE-Nature « Conservation et restauration des zones humides d'Andalousie », LIFE03 NAT/E/000055.





Partenaire bénéficiaire

JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN,
CIENCIA Y EMPLEO
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA
Y DESARROLLO RURAL
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CULTURA
Y DEPORTE



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



UNIVERSIDAD
PABLO DE OLAVIDE
SEVILLA



HAUT COMMISSARIAT AUX EAUX
ET FORÊTS ET À LA LUTTE
CONTRE LA DÉSERTIFICATION



Asociación *Patrimonio, Desarrollo*
Ciudadano



ATED