



**CRDALN** Centre de  
Ressources  
Documentaires  
**Aménagement**  
**Logement**  
**Nature**

# De la restauration écologique au génie écologique

synthèse documentaire

Réalisée par :  
Robert Laugier, ingénieur consultant indépendant  
[robert-laugier@orange.fr](mailto:robert-laugier@orange.fr), <http://laugier.robert.free.fr/>

Février 2012

## Sommaire

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>Le problème : la dégradation des écosystèmes</b> .....	<b>2</b>
Les écosystèmes.....	2
La dégradation.....	2
Le diagnostic de pollution .....	2
Les conséquences de la détérioration ou de la dégradation .....	2
Détérioration et réaffectation.....	3
<b>L'enjeu : le rétablissement de l'écosystème</b> .....	<b>4</b>
La dégradation inversée .....	4
La succession naturelle .....	4
La pratique de la restauration .....	4
<b>La restauration écologique</b> .....	<b>4</b>
Définition .....	4
Des significations écologique, culturelle et socioéconomique .....	5
Disciplines voisines de la restauration écologique .....	5
Le projet de restauration : modèle, gestion, lignes directrices, acteurs .....	7
Une approche française de normalisation du projet .....	8
<b>L'ingénierie ou le génie écologique</b> .....	<b>8</b>
Définition .....	8
Objectifs .....	9
<b>Le cas de la restauration de continuité écologique des cours d'eau</b> .....	<b>10</b>
Les problèmes posés par la discontinuité .....	10
Contexte réglementaire .....	10
Différents niveaux de restauration .....	11
Que faire des ouvrages ?.....	11
D'autres effets de la restauration de continuité .....	12
Les oppositions à la restauration de la continuité des cours d'eau.....	12
Une démarche de projet .....	12
<b>Emergence d'une profession et d'une filière</b> .....	<b>12</b>
Reconnaissance de la profession .....	12
Structuration et définition de la filière .....	13
Une ONG internationale : La SERI .....	13
Un groupement professionnel francophone : REVER .....	13
Un groupement professionnel français : UPGE.....	14
<b>Annexe - Documents utilisés</b> .....	<b>15</b>
Ouvrages et rapports .....	15
Articles.....	16
Sites Internet .....	17

### Note

Synthèse élaborée à l'initiative du Centre de Ressources Documentaires Aménagement, Logement et Nature (MEDDTL/SG/SPSSI/MD/CRDALN), sur la base de documents édités, dont la liste est produite en annexe.

Pour nous joindre : [Crdaln.sg@developpement-durable.gouv.fr](mailto:Crdaln.sg@developpement-durable.gouv.fr)

Sur intranet : <http://crdaln.intradoc.metier.i2/>

Sur internet : <http://www.cdu.urbanisme.developpement-durable.gouv.fr>

# De la restauration écologique au génie écologique

## Synthèse documentaire

### Introduction

Dans la perspective du développement durable et en vue de construire plus spécifiquement un environnement viable, les sciences des milieux naturels développent depuis peu des approches qui concilient la restauration ou le maintien des processus et des fonctions écologiques, de la biodiversité et de la productivité des écosystèmes avec des utilisations économiques et sociales. Ces sciences contribuent à l'émergence d'une ingénierie écologique qui traite de la conception, de la construction et du pilotage d'écosystèmes durables devant contribuer à l'intégration de la société humaine avec son environnement naturel, pour le bénéfice des deux.

Ce double objectif de durabilité implique la prise en compte des éléments écologiques, environnementaux, sociaux et économiques qui interagissent de façon complexe à différentes échelles spatio-temporelles.

Alors que les écosystèmes et leur bon fonctionnement constituent un enjeu non seulement environnemental, mais aussi économique et social, ils ont subi et subissent des dégradations et détériorations du fait des activités humaines et des aménagements réalisés. Plusieurs approches existent pour rétablir un environnement naturel : soit en tentant de revenir à l'écosystème tel qu'il était avant ces dégradations, soit en créant un nouvel écosystème durable.

Ces approches sont plus ou moins complètes, plus ou moins globales. Les deux principales sont la *restauration écologique* et *l'ingénierie ou génie écologique*, deux disciplines proches mais aux différences qui sont objets de discussions dans les milieux universitaires et de recherche. Les objectifs, les approches qui les caractérisent seront exposés.

La restauration de la continuité écologique des cours d'eau est un cas particulier de ces interventions. Elle est l'objet d'un plan national en France où l'on dénombre 60.000 obstacles divers provoquant une rupture dans cette continuité et notamment pour les espèces, retenue de sédiments, et aussi détérioration de la qualité des eaux.

Les activités de restauration ou de génie écologiques sont complexes. Elles font appel à des connaissances scientifiques dans divers domaines (biologie animale ou végétale, hydrologie, hydro-morphologie, etc.) et nécessitent des organisations rigoureuses pour parvenir au rétablissement des écosystèmes. On assiste donc à une lente émergence et à des ébauches de structuration d'une profession encore à la recherche de son identité à travers l'action d'ONG, la constitution de groupements professionnels ou encore l'élaboration de normes relatives à la définition d'un projet.

[8]

# Le problème : la dégradation des écosystèmes

## Les écosystèmes

Selon une étude du Programme des Nations Unies pour l'environnement, 40% de l'économie mondiale dépend du bon fonctionnement des écosystèmes. Leur préservation et leur restauration sont donc une nécessité, et sont inscrits dans les engagements politiques de la France, notamment via la stratégie nationale pour la biodiversité 2011-2020.

Un écosystème est l'unité de base en écologie et en restauration écologique. C'est une unité fonctionnelle de la biosphère sur une échelle de temps et d'espace donnée, constituée par des populations qui interagissent entre elles et avec l'environnement physique qui les entoure.

L'environnement physique, ou environnement abiotique (non vivant), est constitué par le sol, ou substrat, le régime d'humidité, les facteurs climatiques, les nutriments, les cycles de feu, les étendues d'eau et leur contenu en sels ioniques, ainsi que tous les autres processus et caractéristiques maintenant le biote. [1][6]

### Le biote

Toutes les espèces animales et végétales qui se trouvent à un endroit donné. [1]

## La dégradation

La dégradation fait référence à des changements subtils ou graduels qui réduisent l'intégrité et la santé écologique. Le dommage fait référence à des changements importants et manifestes dans un écosystème. Un écosystème est détruit lorsque la dégradation ou le dommage supprime toute vie macroscopique et généralement abîme l'environnement physique. [3]

## Le diagnostic de pollution

En cas de pollution industrielle accidentelle d'un milieu, les analyses physico-chimiques qualifient et quantifient l'importance de la pollution mais ne donnent pas d'information sur l'effet de celle-ci sur le vivant. Des descripteurs, indicateurs ou indices bien choisis sont nécessaires pour établir un diagnostic.

L'OCDE a mis en place un modèle comprenant des indicateurs d'état, des indicateurs de pression et des indices de réponse ou de suivi. Par ailleurs, un ensemble de normes *écotoxicologiques* existe en France et permet d'estimer l'impact des pollutions sur le monde animal et végétal. [8]

### L'écotoxicologie

L'écotoxicologie est l'étude du devenir et des effets des agents toxiques dans les écosystèmes. [8]

## Les conséquences de la détérioration ou de la dégradation

Plusieurs conséquences sont possibles pour les écosystèmes détériorés :

### ***Les pertes d'espèces et les gains relatifs ou réels d'espèces généralistes***

Les premières, dites aussi espèces à stratégie K, ont besoin d'un habitat spécialisé ou différencié et sont les plus susceptibles de se raréfier ou de disparaître après une détérioration. Les espèces généralistes ou espèces rudérales ou mauvaises herbes colonisent de manière opportuniste les sites détériorés et sont caractérisées par une croissance rapide. Le rôle du praticien n'est pas de les éliminer car elles sont essentielles à la dynamique des écosystèmes. L'objectif est de promouvoir le rétablissement et l'accroissement des espèces à stratégie K. [1]

### ***La colonisation par des espèces envahissantes***

Les espèces envahissantes sont des espèces qui prolifèrent anormalement aux dépens d'autres espèces plus spécifiques, et qui occupent l'espace et l'habitat qui devraient être occupés ou reconquis par ces dernières. Il peut s'agir de plantes grimpantes ou d'arbustes. Les praticiens de la restauration sont souvent obligés d'éliminer ou du moins de contrôler ces espèces envahissantes quand elles deviennent nuisibles. [1]

### ***La simplification de la structure communautaire***

La structure communautaire est déterminée par la taille, les formes de vie et l'abondance des espèces sédentaires, principalement les espèces végétales possédant des racines. Dans les environnements aquatiques, elle peut être déterminée par les macrophytes aquatiques à racines (algues géantes, herbes marines), par les coraux ou les coquilles d'huîtres, et par le substrat inerte colonisé ou creusé par les organismes. [1]

### ***Les changements microclimatiques***

Une fonction essentielle de la structure communautaire est le contrôle microclimatique, comme l'ombre fournie par une forêt ou l'affaiblissement du vent dans les prairies juste au-dessus du niveau du sol. Le microclimat est aussi influencé par le phénomène de transpiration des espèces végétales qui augmente l'humidité et entraîne parfois la formation de nuages. [1]

### ***Les changements dans la distribution de la fréquence des formes de vie végétales***

Plusieurs facteurs peuvent provoquer ces changements : les propriétés des aiguilles ou feuilles d'arbres qui vont influencer sur les propriétés des sols et, par exemple, provoquer des ruissellements et relatif assèchements des sols, le développement d'arbres dont l'ombre va influencer sur les herbes présentes. [1]

### ***Les pertes des propriétés bénéfiques du sol***

Les sols peuvent être affectés par de nombreux facteurs : compaction, érosion, introduction massive de nutriments ou de contaminants, variations de conductivité électrique ou d'humidité. Ces facteurs ont des conséquences sur les habitats, sur les qualités des sols, et ainsi sur les écosystèmes. [1]

### ***L'altération du régime d'humidité***

Les écosystèmes auto-organisés assument d'habitude un contrôle strict de leur provision en eau et des entrées et sorties d'eau. La plupart des écosystèmes terrestres stables ont développé des mécanismes pour retenir l'humidité ou écouler l'excédent d'eau. Mais des facteurs externes aux écosystèmes peuvent rendre moins efficace cette régulation. Les praticiens doivent avoir connaissance de ces conséquences. [1]

## **Détérioration et réaffectation**

De nombreux écosystèmes ont été sacrifiés au nom du développement économique que représentent l'agriculture et les autres systèmes de production, l'urbanisation, l'industrialisation, l'extraction des ressources, le transport et les autres infrastructures.

Le fait d'affecter des écosystèmes à ces nouvelles utilisations est désigné sous le terme de réaffectation. Autrement dit, la réaffectation est la transformation de tout ou partie d'un écosystème qui pourra être affecté à un nouvel usage. Le nouvel état n'est pas forcément en relation avec la structure et le fonctionnement de l'état antérieur.

La détérioration d'un écosystème ne doit pas être assimilée à un stress environnemental normal et continu ou à des perturbations ponctuelles : tous les écosystèmes sont sujets au stress et aux perturbations à des degrés différents. Une détérioration est la conséquence d'une perturbation plus sérieuse et généralement causée par l'homme. Il existe de nombreux exemples de perturbations : émissions toxiques provenant d'installations industrielles, détournement ou canalisation de ruisseaux, endiguement des flots de crues ou de marées, abaissement des nappes phréatiques par pompage excessif, augmentation du ruissellement à travers des surfaces imperméables ou compactées.

[1][14]

# L'enjeu : le rétablissement de l'écosystème

## La dégradation inversée

Un rétablissement d'écosystème est parfois décrit comme étant une dégradation inversée. Avec l'intervention d'un praticien, un écosystème dégradé suit une succession naturelle qui lui permet de revenir à son stade originel, recouvrant sa composition et sa structure communautaire, ses fonctions et processus écologiques revenant à la normalité. La dégradation inversée a été le modèle de restauration dominant ces dernières décennies, mais le fait qu'il ne soit pas universellement applicable est progressivement en train d'être reconnu. [1]

## La succession naturelle

Autre approche de la restauration, la succession naturelle (ou succession biologique, succession écologique ou simplement succession) a été définie de nombreuses façons. La théorie de la succession suppose aussi l'existence d'une forte régulation interne et d'une rétroaction des processus de l'écosystème, dans lesquels un processus en renforce un autre de manière synchrone. La régulation peut être imposée par des conditions climatiques sévères (par exemple, un gel hivernal prolongé). La théorie de la succession s'applique aussi aux environnements qui favorisent les espèces compétitrices (comme dans les grandes forêts tempérées). [1]

## La pratique de la restauration

Certains écosystèmes peuvent être restaurés conformément à la théorie de l'équilibre unique de la succession et du modèle de restauration de « dégradation inversée ». Il s'agit de cas où la détérioration est faible et ne requiert que peu ou pas de réparation des conditions abiotiques du site, ou bien de cas où les environnements sont particulièrement rudes (haute montagne de zones tempérées par exemple) où la diversité végétale est faible. [1]

Certains systèmes peuvent être directement restaurés conformément à la théorie de la composition floristique initiale : des marais ou des zones humides peuvent ainsi être restaurés en quelques années dans de bonnes conditions. [1]

Pour les autres écosystèmes, le processus est long (décennies ou siècles) entre le moment où ils retrouvent, grâce à la restauration, leur capacité à s'auto-organiser, et le moment où ils atteignent le stade de maturité écologique de leur système cible. [1]

Les projets de restauration peuvent concerner des milieux et des paysages très différents :

- Une savane aride en Australie
- Des paysages culturels au Chili
- Une prairie humide dans le Mississippi
- Une savane communautaire en Afrique du Sud
- Des forêts et le bien être des populations locales dans le Sud de l'Inde
- Des tourbières asséchées pour un usage durable en Allemagne
- Une rivière (le Dogleg Branch) en Floride [1]

## La restauration écologique

### Définition

La restauration est l'ensemble des processus naturels et assistés par des interventions par lesquels on initie, accompagne, favorise et facilite le rétablissement d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit. [1][8][14]

## **Des significations écologique, culturelle et socioéconomique**

### ***Signification écologique***

D'un point de vue écologique, il s'agit d'une activité intentionnelle qui initie ou accélère le rétablissement d'un écosystème tout en respectant, le mieux possible, la composition spécifique, la structure communautaire, les fonctions écologiques, la capacité de l'environnement physique à supporter son biote et la connectivité avec le paysage alentour.

La restauration vise à la fois les aspects chimiques et physiques de l'habitat et les espèces elles-mêmes et leurs habitats ; chacun de ces volets peut exiger des mesures particulières, mais il faut autant que possible se fier aux mécanismes naturels de restauration. Si l'élimination des sources de dégradation et les mécanismes naturels suffisent, on parlera de *récupération* : il s'agit alors de processus passifs sans intervention humaine. [1][2]

### ***Signification personnelle et culturelle***

D'un point de vue des valeurs personnelle et culturelle, la restauration écologique renouvelle notre relation avec la nature dans le domaine de l'esthétique, de l'épanouissement et de l'expérience partagée.

La restauration écologique permet de ramener un écosystème à un stade antérieur pour peu que ce stade soit connu et atteint ensuite grâce aux pratiques de la restauration. Les écosystèmes qui n'ont subi que de faibles dégradations ou perturbations peuvent parfois être rapidement ramenés à leur stade initial, en seulement quelques années. Pour de nombreux autres écosystèmes, la restauration complète peut prendre des décennies, voire des siècles. [1]

### ***Signification socioéconomique***

D'un point de vue socioéconomique, la restauration écologique rétablit des flux de biens et de services naturels à incidence économique que les écosystèmes fonctionnels fournissent à la société. [1]

## **Disciplines voisines de la restauration écologique**

### ***Le génie ou l'ingénierie écologique***

A la différence du génie civil, l'ingénierie écologique implique la manipulation de matériaux naturels, d'organismes vivants et de l'environnement physico-chimique pour réaliser des objectifs humains spécifiques et pour résoudre des problèmes techniques. Les relations avec la restauration écologique demeurent un peu obscures dans le milieu universitaire où ces disciplines sœurs apparaissent souvent comme des enfants qui se chamaillent. Dans la réalité, les praticiens travaillent dans les deux domaines. Les caractéristiques associées à cette discipline sont exposées plus bas dans ce document. [1]

### ***L'écologie de la restauration***

La restauration écologique est la pratique qui consiste à restaurer des écosystèmes, exécutée par des praticiens sur des sites de projet spécifiques, alors que l'écologie de la restauration est la science sur laquelle se base cette pratique. [1]

### ***La gestion d'écosystèmes***

La gestion d'écosystèmes tente de maintenir l'intégrité écologique à différents niveaux d'organisations (espèces, populations, communautés, écosystèmes), ainsi que les processus écologiques et évolutifs. Si la restauration écologique aide à rétablir un écosystème jusqu'à ce qu'il devienne auto-organisé et auto-entenu, la gestion d'écosystème effectue une manipulation des écosystèmes et des paysages culturels de manière à se substituer aux pratiques culturelles et traditionnelles dans les endroits où les habitants font défaut ou sont incapables de la réaliser, ou bien effectue des manipulations qui compensent les impacts anthropiques actuels sur l'environnement. [1]

### ***La réhabilitation***

Le terme de réhabilitation est souvent utilisé à la place de restauration. Il est utilisé en Australie et en Europe pour désigner des améliorations écologiques intentionnelles des paysages. La réhabilitation ressemble à la restauration en ce sens que toutes deux prennent généralement un écosystème ou un paysage qui existait avant la perturbation comme référence pour orienter les interventions dans le but

d'arrêter la dégradation. L'approche européenne a tendance à moins se baser sur un système de référence écologiquement mature qu'on ne le fait en Amérique du Nord.

Le terme de réhabilitation est aussi utilisé pour de nombreuses études de prairies, de parcours arides et de bois riches en graminées, notamment par ceux qui appliquent à la gestion des terres un modèle de régénération par opposition à un modèle de reconstruction historique. Ce terme a également été choisi par ceux qui travaillent sur des écosystèmes aquatiques.

La réhabilitation ne concerne que certaines fonctions et/ou une ou plusieurs espèces sélectionnées. On aboutit à un écosystème simplifié par rapport à l'écosystème initial.

La réhabilitation vise à rétablir les processus écologiques et donc récupérer la productivité et les services de l'écosystème endommagés ou bloqués. Elle vise à repositionner l'écosystème sur une trajectoire naturelle (succession écologique reconnue) ou non. Le rétablissement de la diversité et la structure de référence sont secondaires. [1][2][14]

### **Le réaménagement**

Le terme de réaménagement (« *reclamation* » en anglais) est plus ancien et désigne la conversion de terres perçues comme inutiles pour la production, c'est-à-dire généralement pour l'agriculture ou la sylviculture. Rétablir la productivité est l'objectif principal. [1]

### **Les mesures compensatoires**

Le terme « *mitigation* » est utilisé en anglais, aux Etats-Unis notamment, pour décrire une action qui vise à compenser des pertes de valeurs environnementales prévues ou subies à la suite d'activités d'entreprises pour un développement économique ou de travaux publics. Légalement, on peut s'acquitter de mesures compensatoires (*compensatory mitigation*) grâce à une revégétalisation, un réaménagement, une réhabilitation, une restauration ou un autre type de travaux.

Depuis 1976, la loi sur la protection de la nature impose aux maîtres d'ouvrage d'éviter en premier lieu que leurs projets aient un impact négatif sur l'environnement, puis de réduire les impacts non évités, et enfin de compenser les impacts résiduels. Par exemple, il peut être recommandé de créer un habitat particulier hébergeant une faune et une flore spécifiques. [1][2]

#### **Exemple de mesures compensatoires**

Afin de réduire l'impact du projet Port 2000 du Havre sur les habitats et les espèces, plusieurs mesures compensatoires et d'accompagnement ont été réalisées :

Dragage d'un méandre dans le but de recréer des surfaces intertidales,  
Création d'un reposoir en pleine mer en arrière du cordon dunaire avant la destruction de l'ancien reposoir,  
Création d'une île (l'îlot du Ratier, opérationnel depuis avril 2005) pour l'accueil des oiseaux à marée haute. [8]

### **Atténuation et stratégie d'adaptation**

L'objectif est la diminution de la gravité des atteintes dont est victime l'écosystème. La modération des activités nocives va de pair avec une réduction de rejet de polluants ou d'autres contaminants. [2]

### **La création**

La création ou le remplacement intentionnel d'un écosystème par un autre qui serait de plus grande valeur, est une stratégie qui a été communément adoptée pour s'acquitter de mesures compensatoires. Cette création peut être assimilée à une restauration dans certaines conditions de réalisation. [1]

### **Architecture et conception de paysage**

L'aspect « design » ou « conception » est à distinguer de la dimension stratégique présente en restauration. Toutefois, lorsque cette conception de paysage ou d'écosystème se fait avec la nature et que l'objectif est le « design écologique », les rapports peuvent être proches avec la restauration écologique. [1]



### ***Restauration du capital naturel***

Le capital naturel regroupe la biodiversité, les écosystèmes, les paysages naturels et les ressources naturelles renouvelables ou non renouvelables qu'ils contiennent. Ainsi, le capital naturel est la ressource fondamentale dont dépendent toutes les sociétés et les économies humaines.

La restauration du capital naturel est le réapprovisionnement des stocks de capital naturel dans l'intérêt à long terme du bien-être humain et de la santé des écosystèmes. Les projets de restauration du capital naturel se focalisent généralement sur l'amélioration des paysages socio-écologiques, contrairement à la restauration écologique qui se concentre principalement sur les écosystèmes naturels et semi-culturels.

La conservation du patrimoine naturel consiste à utiliser des solutions existantes ou à en rechercher pour limiter la perte de biodiversité engendrée par les activités humaines. [1][2]

## **Le projet de restauration : modèle, gestion, lignes directrices, acteurs**

### ***Le modèle ou état de référence***

Un projet de restauration commence avec la vision de ce que serait un écosystème ou un paysage altéré s'il était restauré : c'est la référence ou le modèle de référence. Sans référence comme cible à atteindre, un projet manque de direction et ne devrait probablement pas être qualifié de restauration écologique. C'est le modèle de référence qui distingue la restauration écologique des autres types d'activités environnementales, très utiles en soi, comme par exemple : le réaménagement de mines, la gestion de prairies, la régénération de brousses, la réintroduction d'espèces, les améliorations écologiques, l'installation d'écosystèmes conçus ou fabriqués. A la fin, le modèle de référence sert également de base à l'évaluation du projet.

Etablir un état de référence consiste à établir un état des lieux dressé à un temps donné du patrimoine naturel et des anthropisées. Il permet de présenter les enjeux à prendre en compte dans les nouveaux aménagements. Il repose sur la caractérisation des habitats naturels et anthropisés et des habitats fonctionnels pour la faune. Il est souvent conçu sous la forme d'un système d'information géographique (SIG) permettant la production de cartes thématiques et opérationnelles variées. [1][2]

### ***Une gestion de projet complexe***

Les projets de restauration écologique sont très complexes. La plupart des travaux de restauration ne sont pas difficiles à effectuer mais, on en omet un part inadvertance, cela peut entraîner des retards, engendrer des coûts supplémentaires et compromettre la qualité du projet. Il se peut que, pour des raisons ou conditions climatiques imprévues, ou d'autres facteurs, il ne soit pas possible de suivre la planification prévue. D'où la nécessité d'un suivi et d'une gestion de projet rigoureux. [1]

### ***51 lignes directrices pour un projet***

Les activités d'un projet de restauration écologique sont identifiées et résumées en cinquante et une lignes directrices qui englobent des travaux allant des études de faisabilité initiales à la préparation du rapport final. Ces lignes directrices servent de liste de vérification aux praticiens et aux gestionnaires de projet ; elles sont classées en six groupes :

1. la planification conceptuelle : elle consiste à étudier la faisabilité, les avantages et inconvénients de la restauration d'un site, l'étendue du projet, la stratégie ;
2. les activités préliminaires : elles concernent les décisions administratives et techniques, le recrutement du personnel, la réalisation éventuelle de projets pilotes ou d'études complémentaires ;
3. la planification de la réalisation : elle comprend l'établissement du calendrier, la commande des équipements dont les plants et les ressources biotiques, mais aussi l'établissement du budget ;
4. la réalisation des travaux en application du plan de restauration,
5. les travaux postérieurs à la réalisation : il peut s'agir de protections du site, d'inspections régulières pour identifier les problèmes ;
6. l'évaluation et la communication. [1]

### **Les acteurs du projet**

- Le maître d'ouvrage.
- Le praticien mène personnellement ou supervise la restauration écologique sur les sites.
- Le directeur de projet a une vision globale du projet, de ses aspects techniques, sociaux, économiques, stratégiques, politiques, historiques et culturels et de ses implications.
- Le planificateur de la restauration prépare les plans, les cartes, dessins et instructions (ce peut-être le praticien dans le cas de petits projets).
- Le gestionnaire du projet gère les opérations quotidiennes, le programme du personnel, les livraisons des plants et de l'équipement, suit les modifications de contrat et approuve les dépenses. [1]

### **Une approche française de normalisation du projet**

Une autre initiative vient de l'AFNOR, avec un projet de norme (« Génie écologique en zones humides et cours d'eau ») portant sur une méthodologie de conduite de projet visant à la préservation des habitats naturels, et visant donc à fournir un cadre de référence pour la pratique des métiers du génie écologique, notamment dans le cadre des appels d'offres. [11][14]

D'après la définition de la norme AFNOR X10GE en cours de finalisation, le génie écologique a pour objet la préservation et le développement de la biodiversité par des actions dans la durée adaptées sur les écosystèmes ciblés en prenant en compte leurs fonctionnalités, la diversité des habitats naturels, la question des écotypes et l'ensemble des interactions. Ces actions peuvent s'appliquer à l'entretien, la restauration, la réhabilitation, la réaffectation d'écosystèmes. Une démarche de génie écologique se décline en différentes phases :

- La phase de pré-cadrage, synthèse des connaissances du site d'action pour esquisser les choix stratégiques à opérer,
- La phase de cadrage, état des lieux et diagnostic pour définir les enjeux et les objectifs d'intervention,
- La phase de conception listant dans un programme opérationnel l'ensemble des opérations à mettre en œuvre pour aboutir aux objectifs fixés,
- La phase opérationnelle, interventions de travaux et de gestion mettant en œuvre le programme préalablement défini,
- La phase de bilan et de suivi de l'application du programme opérationnel, et son évaluation, conditionnant sa poursuite ou sa mise à jour.

Ces actions visent à restaurer le fonctionnement du milieu : elles s'inscrivent dans une vision globale de l'écosystème. Ce type d'opération nécessite de connaître précisément le territoire concerné et de mobiliser des compétences extrêmement pointues : compétences naturalistes, compétences en hydraulique, en hydro-morphologie, en science des sols, en écologie...

[11][12]

## **L'ingénierie ou le génie écologique**

### **Définition**

L'ingénierie écologique implique la manipulation de matériaux naturels, d'organismes vivants et de l'environnement physico-chimique pour atteindre les buts spécifiques des hommes et résoudre les problèmes techniques. Elle diffère ainsi de l'ingénierie civile, qui s'appuie sur les matériaux fabriqués par l'homme, comme l'acier ou le béton. La prévisibilité est une considération première dans toutes les conceptions de l'ingénierie, tandis que la restauration reconnaît et accepte un développement imprévisible et s'adresse à des buts qui dépassent le pragmatisme strict et qui englobent la biodiversité, l'intégrité et la santé de l'écosystème. Lorsque la prévisibilité n'est pas en jeu, les capacités de nombreux projets d'ingénierie écologique peuvent être étendues jusqu'à ce qu'ils soient qualifiés de restauration.

Le génie écologique a pour objet la préservation et le développement de la biodiversité par des actions dans la durée adaptées sur les écosystèmes ciblés en prenant en compte leurs

fonctionnalités, la diversité des habitats naturels, la question des écotypes et l'ensemble des interactions. Ces actions peuvent s'appliquer à l'entretien, la restauration, la réhabilitation, la réaffectation d'écosystèmes.

Elle fait appel aux sciences et techniques de l'ingénieur mobilisables pour l'évaluation des ressources, la prévention des catastrophes naturelles ou technologiques, et l'atténuation de leurs effets. Elle intègre les modalités d'aménagement des territoires et d'organisation des activités économiques qui minimisent les impacts anthropiques sur l'environnement.

Elle renvoie à la réhabilitation d'écosystèmes dégradés, à la réintroduction d'espèces, à la création de nouveaux écosystèmes durables ayant une valeur pour l'homme et pour la biosphère. Elle a recours à la manipulation in situ de systèmes écologiques et à la mise au point d'outils biologiques pour optimiser la fourniture de *services écosystémiques* ou résoudre des problèmes de pollution. [1][3][14]

### Services écosystémiques

Les *services écosystémiques* représentent les bienfaits, directs et indirects, que retire l'homme de la nature.

Le MEA (*Millennium Ecosystem Assessment*) a proposé une classification voisine, qui fait l'objet d'un relatif consensus :

- **les services d'auto-entretien**, non directement utilisés par l'homme mais qui conditionnent le bon fonctionnement des écosystèmes (recyclage des nutriments, production primaire),
- **les services d'approvisionnement** (ou de prélèvement), qui conduisent à des biens appropriables (aliments, matériaux et fibres, eau douce, bioénergies, produits biochimiques et pharmaceutiques),
- **les services de régulation**, c'est-à-dire la capacité à moduler dans un sens favorable à l'homme des phénomènes comme le climat, l'occurrence et l'ampleur des maladies, différents aspects du cycle de l'eau (crues, étiages, qualité physico-chimique, érosion), la qualité de l'air, la pollinisation.
- **des services culturels**, à savoir l'utilisation des écosystèmes à des fins récréatives, esthétiques et spirituelles.

Le MEA souligne que les services d'auto-entretien sont à la base des trois autres et donc implicites dans leurs estimations. Par ailleurs, les services d'auto-entretien peuvent être assimilés au "bon fonctionnement des écosystèmes". [14]

## Objectifs

L'ingénierie écologique se déploie selon trois objectifs essentiels du développement durable :

- l'optimisation de la gestion des ressources naturelles,
- la restauration des milieux naturels dégradés,
- et le pilotage de fonctions et de *services écosystémiques*.

Le génie écologique peut permettre de répondre à différents objectifs relevant de multiples secteurs d'activités :

- **La restauration et la gestion des milieux naturels**, par restauration et entretien de cours d'eau, de pelouses calcaires, de bandes littorales, stabilisation de dunes, création d'écosystèmes dans le cadre de la prise en compte de la biodiversité dans des projets d'aménagement comme par exemple la création de frayères, etc.
- **L'accompagnement et l'intégration écologique de zones d'exploitation**, par implantation de zones arborées, créations de bandes écologiques en bordures des cultures, réhabilitation de sites industriels, etc.
- **L'optimisation des services écosystémiques**, notamment en matière de gestion des eaux pluviales et des eaux usées, création de zones d'expansion des crues, création de zones humides pour traiter les eaux usées en sortie de station d'épuration, filtres plantés de roseaux pour traiter les effluents industriels ou agricole, génie végétal...

- **L'amélioration de la qualité écologique des zones urbanisées et aménagées**, en particulier depuis l'adoption de la loi Grenelle 1 qui cherche à éviter et à réduire les impacts de projets d'infrastructures, ou à compenser ces impacts, donc par écologie urbaine, développement d'un urbanisme et de paysages urbains abritant une biodiversité, aménagement de zones humides pour la gestion des eaux pluviales urbaines, constitution de la Trame Verte et Bleue en milieu urbain, etc.

[6][12]

#### Le génie végétal

Le génie végétal utilise les aptitudes biologiques, physiologiques et physiques des plantes pour apporter des solutions techniques à des problèmes de protection des sols, et plus particulièrement de lutte contre l'érosion. Les effets positifs des végétaux sont l'effet d'ancrage par les systèmes racinaires, l'effet de couverture, l'effet de drainage, l'effet de barrage face au ruissellement, l'effet de frein de cours d'eau, le maintien de la porosité du sol et l'amélioration de l'infiltration, l'interception des précipitations, l'amélioration de la fertilité par l'apport de matières organiques, etc. [8]

## Le cas de la restauration de continuité écologique des cours d'eau

### Les problèmes posés par la discontinuité

Après une longue politique de conquête de l'eau et de maîtrise de l'eau menée pendant deux siècles par les Ponts et Chaussées, et qui s'est traduite par d'importants changements pour les rivières (endiguements, redressements, élargissements, rectifications, barrages, seuils, etc.), les effets secondaires de ces aménagements ont commencé à être perçus à la fin des années 1980 : dégradations récurrentes d'ouvrages d'art, enfoncement du lit et des nappes, dégradation de la fonctionnalité écologique des milieux, perte de continuité avec immobilisation des sédiments en amonts de l'ouvrage, mobilité restreinte ou condamnée des espèces et de l'accès à leurs habitats ou lieux de reproduction, mais aussi mauvaise qualité de l'eau du fait de l'accumulation des sédiments et des polluants et de l'eutrophisation, etc.

Les premiers schémas d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) des années 1990 ont mis en avant la notion d'espace de liberté des cours d'eau et de respect de la dynamique fluviale.

[4][5][10]

### Contexte réglementaire

La directive cadre européenne sur l'eau du 23 octobre 2000 fixe aux Etats membres de l'Union européenne un objectif de non dégradation et d'atteinte du bon état des cours d'eau d'ici 2015. Ce « bon état » est fondé sur l'évaluation de l'état chimique et écologique des cours d'eau. L'état écologique comprend des paramètres physico-chimiques et biologiques (diversité et abondance des espèces animales telles que les invertébrés et les poissons, et végétales). Cette directive est appliquée dans les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE).

Avec la mise en place des trames vertes et bleues, la restauration de la continuité écologique des cours d'eau est l'une des priorités du Grenelle de l'Environnement, permettant aux rivières de suivre naturellement leur cours de l'amont vers l'aval (continuité longitudinale) et d'occuper leur lit majeur en périodes de crues (continuité transversale).

Suite à la circulaire du 25 janvier 2010, a été défini le Plan d'action pour la restauration de la continuité écologique (PARCE) qui prévoit la mise aux normes ou l'effacement des ouvrages les plus perturbants sur certains cours d'eau classés selon le Code de l'Environnement.

Plus de 60.000 obstacles, seuils de moulins et barrages ont été identifiés sur le territoire. Une liste de 1.500 ouvrages à aménager d'ici 2015 a été établie. [5][9][10]

### **Le Plan d'action national pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau (PARCE)**

Un plan d'action national pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau a été lancé en novembre 2009. Il s'articule autour de 5 grands axes :

1. Le renforcement de la connaissance sur les seuils et barrages
2. La définition de priorités d'intervention par bassin
3. La révision des 9èmes programmes des agences de l'eau et des contrats d'objectifs
4. La mise en œuvre de la police de l'eau
5. L'évaluation des bénéfices environnementaux des mesures mises en œuvre

Ces mesures visent de préférence l'effacement ou l'arasement des ouvrages n'ayant plus d'usage économique avéré, et la mise en place de solutions de gestion ou d'aménagement pour ceux ayant conservé un tel usage. [5]

### **Différents niveaux de restauration**

Plusieurs niveaux d'ambition de restauration de la continuité écologique peuvent être définis :

- Le niveau R1 correspond à des aménagements qui ne reconstituent qu'un seul compartiment de l'hydrosystème, souvent le compartiment piscicole (reconstitution d'habitats, diversification des écoulements dans l'emprise du lit mineur). Les techniques requises relèvent principalement du génie biologique ou du génie mixte.
- Les niveaux R2 et R3 visent la restauration plus ou moins complète du fonctionnement autonome de la rivière, en traitant la cause de la dégradation et non ses conséquences visibles. A côté des experts en génie biologique, il faut des spécialistes naturalistes, en hydraulique fluviale, en géomorphologie fluviale, en expertise juridique et foncière, etc. [7]

### **Que faire des ouvrages ?**

Plusieurs solutions existent pour rétablir la continuité écologique des cours d'eau : supprimer ou effacer les ouvrages, les abaisser ou diminuer leur hauteur, ouvrir les vannes de manière continue ou périodique, ou encore installer des ouvrages permettant aux espèces de disposer de voies de passage

#### ***L'effacement des ouvrages***

L'effacement d'ouvrages est l'un des moyens les plus efficaces et les plus pérennes pour contribuer à l'amélioration du fonctionnement des milieux aquatiques et à la qualité des masses d'eau. Cette option présente beaucoup d'avantages en termes de rétablissement complet de la continuité écologique et de simplicité de gestion par la suite.

Toutefois, cet effacement peut induire des effets secondaires indésirables : phénomènes d'érosion ou d'enfoncement du lit, reprise des sédiments de l'ancienne retenue pouvant générer un apport intense en aval, risques de disparition de formations végétales en bordure du cours d'eau du fait de la suppression du plan d'eau, assèchement des zones humides éventuellement connectées à l'ancienne retenue, modification du paysage, etc. Il est donc nécessaire de mener une étude globale sur les effets attendus et à une échelle suffisamment importante pour prendre en compte ces différents impacts possibles.

[5][10]

#### **Le reméandrage**

Le *reméandrage* consiste à allonger le tracé et réduire la pente d'un cours d'eau pour lui redonner sa morphologie sinueuse et ses fonctionnalités. [6]

#### ***L'abaissement des ouvrages***

La réduction de la hauteur de l'ouvrage ou l'ouverture permanente d'une brèche localisée, associée à une amélioration de la gestion, peut aussi être envisagée comme solution alternative dans le cas

d'ouvrages conservant par exemple un intérêt patrimonial ou paysager. Ce peut aussi être une étape intermédiaire en prévision d'un effacement total.

[5]

### ***L'ouverture des vannes***

Lorsque l'ouvrage conserve un fort intérêt patrimonial ou paysager, l'ouverture temporaire, périodique ou permanente des vannes est une solution intermédiaire intéressante. Elle peut notamment être prévue par le règlement des schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE). Son efficacité est variable et peut avoir un impact sur le patrimoine bâti attenant. Elle peut aussi provoquer une érosion régressive et déséquilibrer les berges selon le substrat. Des zones humides peuvent aussi être affectées.

[5][10]

### ***L'installation de dispositifs de franchissement***

Lorsque ni l'effacement, ni l'abaissement des ouvrages, ni l'ouverture des vannes ne sont envisageables, mais que la préservation de la continuité est l'objectif, des aménagements peuvent être mis en place pour permettre la migration piscicole. Ces aménagements sont souvent spécifiques à une ou plusieurs espèces, ne possèdent qu'une efficacité limitée et réclament un suivi et un entretien importants. La situation sans obstacle reste la plus efficace.

Ces aménagements peuvent être très chers, d'une efficacité variable en termes de possibilité de franchissement par les espèces, nécessiter un entretien, et surtout n'ont pas d'effet d'amélioration sur le transfert des sédiments, les habitats et la qualité de l'eau.

[5][10]

## **D'autres effets de la restauration de continuité**

Outre le rétablissement de la circulation de tous les êtres vivants, le décroisement génétique des populations, la restauration de la continuité écologique des cours d'eau présente d'autres avantages pour les collectivités et les riverains. Par exemple : l'amélioration de la pratique des sports d'eaux vives, la reconquête de terrains libérés par la retenue, la reconquête des berges de la rivière pour des chemins de randonnée, le renouveau d'une pêche amateur sportive. [5]

## **Les oppositions à la restauration de la continuité des cours d'eau**

Les oppositions ou obstacles à la restauration de la continuité écologique des cours d'eau sont essentiellement humains : propriétaires de seuils de moulins, pêcheurs, élus locaux désirant faire perdurer des syndicats de travaux d'entretien. [10]

## **Une démarche de projet**

Plusieurs agences de l'eau ont développé, en collaboration avec l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) des démarches pour faciliter la conception et la mise en œuvre de projets de restauration. De telles démarches comportent des enjeux de communication et de concertation pour faciliter l'adhésion des acteurs locaux. [4]

# **Emergence d'une profession et d'une filière**

## **Reconnaissance de la profession**

Une profession répond généralement à plusieurs critères :

- elle fournit un service particulier ; ceux qui la pratiquent ont suivi une formation ou un apprentissage qui leur donne les qualifications nécessaires ;
- ces professionnels accumulent de l'expérience, ce qui augmente leurs compétences et leur qualification en tant que praticiens ;

- les professionnels forment des associations qui leur permettent d'établir les seuils et les standards de la formation, les capacités et l'expérience exigées pour accéder à la profession, et les standards de qualité de la pratique ;
- les professionnels exercent leur métier selon un code éthique déterminé par leur association professionnelle. [1]

## Structuration et définition de la filière

Plusieurs questions émergent à propos de la structuration de l'activité : comment démultiplier les compétences et le savoir-faire, tout en conservant la qualité ? Comment faire évoluer les formations ?

Le ministère de l'Ecologie prépare un plan d'action pour soutenir le développement du *génie écologique*. Une des premières priorités est de faire émerger une terminologie qui permettra de clarifier la notion de génie écologique, de mieux repérer qui fait quoi.

L'ONEMA prévoit d'engager une réflexion sur l'adéquation de l'offre en formation et les besoins réels de recrutement des maîtres d'ouvrage et entreprises concernés par la restauration des milieux aquatiques, besoins qui sont encore mal cernés.

Les interventions sur les habitats naturels nécessitent d'avoir une connaissance globale de ces milieux. Les entreprises de la filière doivent donc mobiliser des compétences pointues (naturalistes, experts en écologie, en sciences des sols, en hydro-morphologie, etc.) et recourir à des techniques spécifiques et variées (systèmes d'information géographique ou SIG, *étrépage*, *reméandrage* de cours d'eau, réfection de berges à l'aide du *génie végétal*).

[7]

### L'étrépage

*L'étrépage* est une technique de restauration écologique des milieux. Elle consiste à enlever mécaniquement les couches supérieures d'un sol pour le rajeunir. [6]

## Une ONG internationale : La SERI

La Société internationale pour la restauration écologique (SERI, *Society for ecological restoration International*) est une ONG fondée en 1988 aux Etats-Unis. Elle regroupe des scientifiques, des planificateurs, des administrateurs, des consultants en environnement, mais aussi des représentants des peuples premiers, des paysagistes, des philosophes, des enseignants, des auteurs, des cultivateurs, des activistes communautaires et des volontaires, etc. Elle possède des membres dans 37 pays. Elle est reconnue comme source d'expertise dans le domaine des sciences de la restauration, mais aussi comme source de savoirs techniques, pratiques et politiques. [3]

## Un groupement professionnel francophone : REVER

Après plus d'une vingtaine d'années d'existence, l'écologie de la restauration et la restauration écologique se dotent enfin de leur réseau francophone : REVER, le Réseau d'Échanges et de Valorisation en Écologie de la Restauration. Créé en 2008 grâce au programme « Ingénierie Écologique » du CNRS/CEMAGREF, ce réseau est inspiré de l'organisation internationale *Society for Ecological Restoration International* (Société pour la Restauration Écologique, SERI).

Il a pour but d'organiser et de favoriser les relations entre gestionnaires, praticiens, étudiants et scientifiques œuvrant dans les domaines de l'écologie de la restauration et/ou de la restauration écologique. Ce réseau propose une bibliographie sur son site Internet. [13]

### Des prestataires en restauration de continuité des cours d'eau

On trouve actuellement des bureaux d'études spécialisés en génie biologique, en géomorphologie fluviale. De grands bureaux d'études génériques, généralement plutôt spécialisés en hydraulique, s'ajoutent des compétences. [7]

## **Un groupement professionnel français : UPGE**

L'Union Professionnelle du Génie Ecologique (UPGE) a pour objet de fédérer les entreprises et les professionnels spécialisés dans les domaines du génie écologique. Sa vocation est de contribuer à la structuration de la profession et au développement de son marché, ainsi que de lui donner un cadre déontologique et normatif.

L'UPGE développe ses activités autour de 5 objectifs principaux :

1. Donner un cadre déontologique et normatif aux activités de la filière afin de défendre les intérêts et les spécificités de la profession
2. Ecouter, conseiller et informer les entreprises en matière réglementaire, technique et/ou d'innovation
3. Représenter les entreprises de la filière en leur donnant un poids et une place dans le débat public tant au niveau national qu'européen
4. Promouvoir la filière du génie écologique, l'image et la reconnaissance de ses entreprises
5. Identifier les perspectives de développement à l'international. [12]



## Annexe - Documents utilisés

### Ouvrages et rapports

**[1] « La restauration écologique », Andre F. CLEWELL, James ARONSON ; Actes Sud, Arles, 2010**  
CDU 00 ENV – 64797

Illustré de plusieurs exemples de restauration de divers paysages ou écosystèmes dans divers pays (Chili, Australie, Etats-Unis, Afrique du Sud, Inde, Allemagne) et d'un exemple de mise en place d'un site de recherche dans le Sud de la France, cet ouvrage constitue une référence dans le domaine de la restauration écologique. Après avoir défini l'essence de la restauration, décrit les origines et mécanismes de détérioration et de rétablissement écologiques, les auteurs analysent et décrivent les éléments et concepts constitutifs des projets de restauration : attributs écologiques, modèles de référence, trajectoires de développement, planification et évaluation de projet. Ils mettent ensuite en évidence les différentes valeurs de la restauration écologique et les relations qui s'établissent entre elles. Ils exposent ensuite des réflexions sur la structuration d'une profession émergente à travers les relations entre la restauration et les disciplines voisines, les rôles et contextes des projets de restauration, et la reconnaissance de la profession et des professionnels. Une dernière partie est consacrée au concept de restauration écologique holistique.

**[2] « La restauration écologique des estuaires », Jean-Paul DUCROTOY, Lavoisier, Paris, 2010**  
CDU 01-AMENAG EAU01 – 64159

Les activités humaines se sont développées à tel point que les plus grands estuaires ont perdu certaines de leurs fonctionnalités écologiques, leur dynamique interne étant même menacée. Face à la dégradation et la disparition des habitats spécifiques les composant, la restauration de ces écosystèmes uniques devient indispensable, cela à fin de rétablissement de leurs fonctions essentielles. Des initiatives inédites doivent être prises en vue d'une adaptation aux évolutions des conditions environnementales. Cet ouvrage, après un rappel des principales caractéristiques écologiques des estuaires, décrit par des exemples de plans d'actions français et étrangers les fondements ainsi que la mise en place de la protection et de la restauration des habitats estuariens dégradés. Il se veut une aide à la décision par la description des stratégies sur le moyen et long terme avec pour but la limitation des risques dus aux changements globaux, sous un éclairage environnemental et socio-économique. Public concerné : gestionnaires et décideurs publics, consultants et bureaux d'études acteurs de la protection de l'environnement en général et plus particulièrement des estuaires, scientifiques, enseignants et étudiants.

**[3] « Restauration écologique : nécessité de construire des indicateurs pour un suivi efficace », Sciences Eaux & Territoires, n°5, mai 2011**

CDU 01-AMENAG EAU00 – 70490

La revue du Cemagref a regroupé tous les textes issus du colloque "REVER 2 : Rêver et partager" du réseau REVER sur la restauration écologique. L'objectif de ce réseau est de tisser des liens entre les gestionnaires de la restauration écologique et les chercheurs en écologie de la restauration. Les textes proposés permettent de faire connaître les enjeux et la diversité des approches en matière de restauration écologique et de présenter des retours d'expériences.

**[4] « Restauration des cours d'eau : communiquer pour se concerter », Agence de l'eau Loire-Bretagne, mars 2011**

CDU 01-AMENAG EAU01 – 65663

Ce document s'adresse aux élus et aux techniciens de rivière. Son objectif est une adhésion plus facile des acteurs locaux aux projets de restauration des cours d'eau. Il présente des solutions permettant de contourner les problèmes de terrain comme la prise en compte des représentations, l'argumentation du bien fondé d'un projet, la concertation au plus près du terrain ou encore la communication avec les médias.

**[5] « Pourquoi rétablir la continuité écologique des cours d'eau », ONEMA, septembre 2010**  
CDU 01-AMENAG EAU01 – 65178

Recensés sur les cours d'eau français, plus de 60.000 ouvrages tels que barrages, écluses et moulins représentent des obstacles potentiels à la continuité écologique. La directive cadre européenne, la loi sur l'eau de 2006, le plan national de gestion pour l'anguille et la loi Grenelle 1 de 2009 instaurant la trame verte et bleue ont pour cadre commun la continuité biologique dans les grands ensembles naturels et les milieux aquatiques. Le but étant le retour au bon état écologique des eaux pour deux tiers des masses d'eau à l'horizon 2015.

## Articles

**[6] « Le génie écologique : des entreprises au service de la biodiversité », Ministère de l'écologie du développement durable, des transports et du logement, Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature, novembre 2011**  
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/GENIecologik.pdf>

**[7] « Le génie écologique en pleine effervescence », Fabienne NEDEY, Hydroplus, N°203, avril-mai 2011**

Objectif de bon état écologique, trame bleue, concessions hydroélectriques, nouvelles infrastructures autoroutières : le potentiel d'activité en restauration physique des milieux aquatiques est exponentiel. Les acteurs de différents horizons appelés à travailler sur ces projets appartiennent, sans forcément le savoir ni sans forcément s'y reconnaître, à la filière globale du "génie écologique.

**[8] « Ecologie de la restauration et ingénierie écologique : enjeux, convergences, applications », Ingénierie eau agriculture territoires, numéro spécial, 2009**

De plus en plus les territoires sont soumis aux impacts des activités humaines, agricoles, industrielles, forestières. Ils sont également amenés à intervenir plus souvent afin de restaurer les sites détériorés. La caractéristique et la justesse des recherches tiennent dans la collaboration des gens de terrain à l'obtention des résultats scientifiques. Cette participation nécessite une coproduction des connaissances essentielle à une meilleure compréhension des mécanismes scientifiques des écosystèmes et à la proposition de solutions adéquates. Ce numéro spécial expose toute la variété des recherches et des actions. Il présente également quelques exemples d'utilisation de la végétation et du génie biologique en terrain érodés, risque majeur pouvant s'ajouter à des accidents de grande envergure comme les glissements de terrain ou les inondations.

**[9] « Comment restaurer la continuité écologique », Emmanuelle LESQUEL, La Gazette des Communes, N°2061, janvier 2011**

La définition de la continuité écologique des cours d'eau est simple mais la restaurer est plus compliqué et pourtant elle contribue au bon état écologique des cours d'eau et sera exigée en 2015 par la directive-cadre européenne sur l'eau. Les cours d'eau français sont entravés par une forte densité d'ouvrages et d'aménagements responsables en partie de leur mauvais état physique. Un plan d'action par bassin a été établi par la circulaire du 25 janvier 2010, il fixe la méthodologie et hiérarchise les interventions. Quand la suppression des ouvrages n'est pas envisageable, il faut au minimum mettre en place des solutions palliatives pour une restauration de la continuité piscicole.

**[10] « Restauration continuité écologique : enfin la libération de nos rivières ? », Josselin DE LESPINAY, La Lettre Eau, n°53, décembre 2010**

Cet article propose une définition de la continuité écologique. Il aborde ensuite les diverses problématiques liées au sujet : pourquoi rétablir la continuité écologique ; la discontinuité ; les impacts négatifs de la discontinuité ; les obstacles au rétablissement de la continuité.

**[11] « Le génie écologique ou la naissance d'une filière », Geneviève de LACOUR, Journal de l'Environnement, 6 janvier 2012**

## Sites Internet

[12] UPGE (Union professionnelle du génie écologique)

<http://www.genie-ecologique.fr>

[13] REVER (Réseau d'échanges et de valorisation en écologie de la restauration)

<http://www.reseau-rever.org>

[14] AFNOR, enquête relative à une nouvelle norme sur la conduite de projets de génie écologique,

<http://www.enquetes-publiques.afnor.org/secteur-eau-etassainissement/pr-nf-x10-900.html>