

# ingénieries

eau – agriculture – territoires

Les territoires sont de plus en plus confrontés aux conséquences sur l'environnement des activités humaines, qu'elles soient agricoles, industrielles ou forestières et sont de plus en plus invités à intervenir pour réhabiliter les sites dégradés. La participation des hommes et des femmes de terrain à la production des résultats scientifiques fait toute la particularité et la pertinence des recherches menées dans ce domaine. Elle répond à une exigence nécessaire de co-production des savoirs afin de mieux comprendre les mécanismes scientifiques des écosystèmes et proposer ainsi des solutions adaptées. Ce numéro spécial présente toute la diversité de ces recherches-actions. Il est aussi l'occasion d'exposer quelques exemples d'actions concernant l'utilisation de la végétation et du génie biologique sur des terrains érodés, risque majeur pouvant être combiné à des aléas de grande ampleur (glissements de terrains, inondations...) sur certains territoires.

## Sommaire

### Avant-propos

*Freddy Rey, Nicolle Mathys, Thierry Dutoit et Élise Buisson* \_\_\_\_\_ 3

### PARTIE 1 : RÉHABILITATION ET RESTAURATION ÉCOLOGIQUES : DIVERSITÉ DES RECHERCHES-ACTIONS MENÉES EN FRANCE

#### Outils décisionnels dans la gestion des pollutions accidentelles des cours d'eau : vers des solutions écologiquement durables

Decision-making tools for accidental pollution management of rivers :  
toward sustainable solutions

*Isabelle Laffont-Schwob, Xavier Moreau, Véronique Masotti, Carole Di  
Giorgio, Laetitia De Jong-Moreau, Jacques Rabier, Michel De Méo, Caroline  
Martin-Chauvin, Luc Sarrazin, Fabienne Rousset et Alain Thiéry* \_\_\_\_\_ 9

#### Restauration écologique et paysagère des rivières à seuils : contexte social et culturel – Retour d'expériences (bassins de la Sèvre nantaise et du Thouet, Ouest de la France)

Small dam removal : a tool for landscape and ecological river restoration ?  
Focus on social issues – French case studies – Sèvre nantaise, Thouet  
(west of France)

*Régis Barraud, Olivier Constantin, Guillaume Charruaud et Antoine  
Charrier* \_\_\_\_\_ 17

#### Suivi de l'émergence des pousses de ligneux en vue d'une restauration passive des rives du ruisseau de la Vallée-Aux-Berges (Basse Normandie)

How emerging trees can be used for a passive restoration of the stream  
banks at Vallée-Aux-Berges (Normandy, France)

*Guillaume Forget et Ivan Bernez* \_\_\_\_\_ 31

#### Possibilités de restauration de végétation herbacée à partir des surfaces sablées des villes – Bilan d'expériences de gestionnaires d'espaces verts

Herbaceous vegetation restoration of urban sandy areas – Assessment  
of urban greenspaces management

*Maxime Guérin, Caroline Gutleben et Hervé Daniel* \_\_\_\_\_ 41

Coordination scientifique :  
Thierry Dutoit  
(IMEP-Université d'Avignon)  
et Freddy Rey  
(Cemagref-Grenoble)

Ingénieries  
n° Spécial  
2009

# sommaire (suite)

Les mesures compensatoires et d'accompagnement Port 2000 : retour d'expériences  
Experience feedback of mitigations mesures and environmental accompaniing works about Port 2000

*Christophe Aulert, Pascal Provost, Christophe Bessineton et Christelle Dutilleul* \_\_\_\_\_ 55

Quelles méthodes pour le suivi et l'évaluation des opérations de restauration écologique ?  
Exemple de la Côte Sauvage de Quiberon

What kind of surveys for follow-up and evaluation of ecological restoration operation ? Example of the Quiberon's « Côte Sauvage »

*Sébastien Gallet, Frédéric Bioret et Armelle Hérou* \_\_\_\_\_ 73

## PARTIE 2 : LE CAS DES TERRAINS ÉRODÉS : RÔLE ET UTILISATION DE LA VÉGÉTATION ET DU GÉNIE BIOLOGIQUE

Mesures des transports solides en suspension dans la Durance sur 150 ans (1857-2007) : liaisons avec les opérations de restauration écologique intervenues à l'échelle du bassin versant et de la rivière

Measurements of suspended load in the Durance river over 150 years (1857-2007) : links with the operations of ecological restoration at the scale of the catchment and the river

*Alain Poirel* \_\_\_\_\_ 85

Le génie végétal pour la lutte contre l'érosion en rivière : une tradition millénaire en constante évolution

Bioengineering techniques for erosion control in rivers : age old techniques in constant progress

*Pierre-André Frossard et André Evette* \_\_\_\_\_ 99

Connaître la réponse des plantes aux contraintes érosives : intérêt pour la restauration écologique des terrains érodés

Evaluating species response to erosive perturbations : implication for the ecological restoration of eroded lands

*Mélanie Burylo et Freddy Rey* \_\_\_\_\_ 111

Tlaloc : un modèle spatio-temporel de la dynamique des communautés végétales en lien avec la dynamique érosive et sédimentaire de ravines marneuses

TLALOC: a spatio-temporal model of vegetation dynamics related to erosive and sedimentologic dynamics in marly gullies

*Philippe Delcros, Maëlle Lepoutre, Mélanie Burylo et Freddy Rey* \_\_\_\_\_ 121

Érosion hydrique et paysages dans les montagnes méditerranéennes – Quelques enseignements d'une comparaison spatiale et bibliographique entre la France du Sud et la Catalogne espagnole

Erosion and landscape in Mediterranean mountains – Learning of a comparison from Southern France and Spanish Catalonia study cases and literature

*Marianne Cohen, Francesc Aspero, Véronique Fourault, Alia Gana, Catherine Mering, Luis Outeiro, Milena Palibrk, Ana Poletto, Raymond Raymond et Xavier Ubeda* \_\_\_\_\_ 135

« Érosion » et « paysages » : comment ces termes déterminent-ils les projets d'ingénierie écologique ? Analyse des chartes territoriales des différents territoires des Alpes du Sud

Do the sustainable development territorial strategies help for designing ecological engineering projects ? Some cases study in the French South Alps

*Alain Bédécarrats* \_\_\_\_\_ 157

**Annexe 1 – Glossaire** \_\_\_\_\_ 167

**Annexe 2 – Programme des Premières Journées Ateliers du « Réseau d'échanges et de valorisation en écologie de la restauration » REVER 1** \_\_\_\_\_ 169

**Annexe 3 – Programme de la Journée du GIS Draix : « Végétation et érosion en terrain marneux : interactions, modélisation, application du génie biologique »** \_\_\_\_\_ 171

# Avant propos

L'écologie de la restauration, science d'application construite sur les concepts de l'écologie scientifique, étudie les relations des êtres vivants avec leur habitat dégradé ayant fait ou devant faire l'objet d'une restauration (Chapuis *et al.*, 2002 ; SER<sup>1</sup>, 2004). La restauration écologique correspond, quant à elle, aux actions visant à réparer les dommages causés par des perturbations à cet habitat, en lui garantissant notamment un fonctionnement plus stable et autonome et/ou une biodiversité plus importante. Sa mise en œuvre passe par l'établissement d'outils stratégiques et appliqués pour l'intervention, pouvant être regroupés sous le terme d'ingénierie écologique (Rey *et al.*, 2004 ; Gosselin, 2008). *Sensu stricto*, l'ingénierie écologique est la manipulation *in situ* de systèmes écologiques dans un contexte défini. *Sensu lato*, elle comprend la gestion conservatoire des espaces naturels et l'aménagement durable du territoire à partir des lois qui régissent le fonctionnement des systèmes écologiques (Collectif, 2008). Les objectifs de l'ingénierie écologique englobent donc à la fois ceux de la restauration écologique (réhabilitation d'écosystèmes dégradés, de communautés fonctionnelles, réintroduction et éradication d'espèces, etc.), la création de nouveaux écosystèmes durables qui ont une valeur pour l'homme et pour la biosphère et enfin la mise au point d'outils biologiques pour résoudre des problèmes de pollution, rétablir ou augmenter les fonctionnalités des écosystèmes, etc.

1. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group.

En 2004, un numéro spécial de la revue, coordonné par Ph. Cozic et B. Boisseau, a été consacré à l'ingénierie écologique. Il présentait des exemples de pratiques et de recherches pour l'action sur les systèmes écologiques. En particulier, Cozic (2004) a explicité les différentes définitions de l'ingénierie écologique, considérée tantôt comme une discipline scientifique à part entière, tantôt comme un ensemble de stratégies, outils et techniques pour l'intervention. Barnaud et Chapuis (2004) exposaient quant à eux les spécificités et les complémentarités de l'écologie de la restauration et de l'ingénierie écologique.

L'importance des enjeux actuels de l'ingénierie écologique, de l'écologie de la restauration et la nécessité de faire état à nouveau de ces développements rapides dans un numéro spécial, s'explique par l'émergence depuis une trentaine d'années de problèmes environnementaux multiples. On peut également citer l'évolution législative concomitante comme le projet français pionnier de mécanisme « compensatoire » sur la biodiversité qui a conduit début 2009 à la création, sous l'égide de la Caisse des dépôts et consignations, de la première réserve d'actifs naturels dans la plaine de La Crau afin de compenser par l'offre les atteintes aux écosystèmes de même nature.

Le présent numéro spécial a ainsi pour ambition de montrer en quoi les recherches en écologie de la restauration peuvent être mises au service de l'ingénierie écologique au sens large, et de la restauration écologique en particulier. L'objectif principal est d'exposer comment ces thématiques répondent à des enjeux spécifiques tout en présentant de nombreuses convergences qu'il serait utile de mettre à profit pour des applications concrètes sur le terrain. Dans ce cas, il est nécessaire d'avoir une approche multidisciplinaire pour prendre en compte l'acceptabilité des méthodes et outils proposés et évaluer les rapports coûts-avantages justifiant économiquement ces interventions.

Les résultats des recherches sont alors traduits sous forme d'outils d'ingénierie écologique pour la restauration des milieux dégradés. Il peut s'agir de guides techniques, méthodologiques ou stratégiques, ou encore de logiciels et de modèles, permettant le diagnostic, le suivi de l'évolution et l'évaluation de l'impact de la restauration écologique sur un espace dégradé par des perturbations anthropiques.

Le numéro spécial « *Écologie de la restauration et ingénierie écologique – Enjeux, convergences, applications* » permet d'embrasser la diversité et la richesse des approches menées aujourd'hui dans les domaines de l'écologie de la restauration et de l'ingénierie écologique, grâce aux études et travaux menés conjointement par les chercheurs et les praticiens concernés par ces thématiques. Il permet également d'entrevoir les pistes à développer pour mieux identifier les enjeux combinés de ces deux approches, et des applications réfléchies et efficaces basées sur des connaissances scientifiques solides.

## Présentation générale

Ce numéro spécial conjugue les travaux de deux congrès nationaux qui se sont tenus fin 2008 et début 2009 et dont les objectifs principaux ont été d'initier, de renforcer et de pérenniser des échanges entre chercheurs et praticiens dans les domaines de l'écologie de la restauration et de l'ingénierie écologique :

- les 1<sup>ères</sup> Journées Ateliers du réseau d'échanges et de valorisation en écologie de la restauration (REVER), qui ont réuni cent vingt personnes les 15 et 16 janvier 2009 à Avignon, sur la thématique « Rêver et concrétiser » ;
- la journée 2008 du Groupement d'intérêt scientifique (GIS) de Draix et son Observatoire de recherche en environnement (ORE) sur les processus hydrologiques et érosifs en montagne. Cette journée a été organisée le 11 décembre 2008 à Grenoble, sur la thématique « Végétation et érosion en terrain marneux : interactions, modélisation, application du génie biologique ».

Douze articles issus de présentations et de discussions menées durant ces deux événements composent ce numéro réparti en deux grands chapitres.

Le premier chapitre présente six articles issus de la douzaine de communications orales et des treize communications affichées lors des journées du colloque REVER. Ces journées étaient organisées de telle sorte que les échanges entre chercheurs et praticiens soient mis en valeur. Ce chapitre est donc le reflet de cet espace de discussion et illustre la diversité des « recherches-actions » menées en France en réhabilitation et restauration écologiques. Il s'organise autour de diverses étapes devant caractériser toutes opérations de restauration écologique. Comme évoqué dans Dutoit *et al.* (2005, 2008), il convient en amont d'effectuer un diagnostic des dégradations, de leurs causes et des potentialités tant écologiques que socio-économiques pour la mise en place d'une opération de restauration. Ainsi I. Laffont-Schwob *et al.* attirent notre attention sur la nécessité de réaliser des diagnostics précoces sur le vivant dans le cas de pollutions accidentelles des cours d'eau méditerranéens. Ces diagnostics sont nécessaires à la réalisation d'outils décisionnels pertinents avant toutes interventions de dépollution, réhabilitation ou restauration de l'écosystème impacté. Dans le même esprit, mais par une démarche plus intégrée, R. Barraud *et al.* exposent les contraintes rencontrées par les gestionnaires des cours d'eau pour deux rivières de l'Ouest de la France (Sèvre nantaise et Thouet) pour la mise en place d'opérations d'effacement des seuils et aménagements hydro-agricoles. Les deux articles suivants font quant à eux état de retours d'expérience impliquant des processus de restauration passive toujours à privilégier tant écologiquement qu'économiquement à la restauration active quand cette dernière aboutit à des résultats satisfaisants. G. Forget et Y. Bernez nous montrent en effet que le reboisement naturel des berges du ruisseau de la Vallée-aux-Berges (Haute-Normandie) est efficace pour restaurer la diversité spécifique de la végétation ripariale comme celle des prairies situées en aval. À l'inverse, M. Guérin *et al.* observent que la lenteur de la colonisation spontanée de la végétation herbacée des surfaces sablées des villes après arrêt de l'application d'herbicides ne permet pas d'atteindre les objectifs attendus par les gestionnaires. Dans le cas de restauration active, même lourde, les objectifs ne sont également pas toujours atteints ; il en va ainsi des mesures compensatoires qui ont accompagné la construction de l'extension du port autonome du Havre dans la baie de Seine. Six ans après, C. Aulert *et al.* précisent que la construction de reposoirs artificiels n'a pas encore permis d'atteindre tous les objectifs fixés initialement. Se pose alors de manière flagrante, la question de l'évaluation à court, moyen et long terme des opérations de restauration écologique et la mise en place de méthodes accessibles aux gestionnaires, à laquelle S. Gallet *et al.* apportent des éléments de réponse pour les sites surfréquentés du littoral atlantique français.

Six articles composent le deuxième chapitre de ce numéro spécial. Ils sont issus de la quinzaine de présentations de la journée du GIS Draix. Ce chapitre permet d'illustrer les problématiques de l'écologie de la restauration et de l'ingénierie écologique au travers du cas des terrains érodés, en particulier sur substrat marneux particulièrement érodable. Sur ces milieux perturbés, il est nécessaire de mieux comprendre le rôle de la végétation et du génie biologique pour mieux les utiliser à des fins de restauration écologique. Pour cela, les études historiques sont souvent indispensables et permettent des retours d'expérience très riches d'enseignements, comme le montre l'article d'A. Poirel sur les mesures des transports solides en suspension dans la Durance depuis plus de cent cinquante ans. P.-A. Frossard et A. Évette nous exposent comment l'expérience plus que séculaire acquise dans le domaine appliqué du génie végétal en rivière débouche aujourd'hui sur un savoir-faire reconnu, mais aussi sur l'apparition de nouvelles questions de recherche liées à l'évolution des enjeux écologiques et socio-économiques. Dans ce sens, M. Burylo et F. Rey nous présentent un exemple de recherches menées sur la réponse de plantes à des contraintes érosives, avec un objectif finalisé tourné vers le diagnostic de l'efficacité d'une dynamique végétale naturelle pour la protection contre l'érosion, suite à des

opérations de génie biologique dans des ravines marneuses érodées. Les résultats de ces recherches sont alors transcrits dans un modèle spatio-temporel, baptisé TLALOC et détaillé par Ph. Delcros *et al.*, constituant un outil de simulation de l'impact de ces opérations de réhabilitation écologique en termes de stabilisation des sols. Ces études menées à l'échelle de la plante et des communautés végétales sont accompagnées d'autres recherches réalisées à l'échelle des paysages, comme l'illustre l'article de M. Cohen *et al.* qui développent les liens entre dynamique des paysages, érosion et développement durable dans les montagnes méditerranéennes. Ce positionnement de chercheurs à des échelles régionales vise à mieux appréhender les enjeux de la restauration et de l'ingénierie écologiques pour les praticiens et les acteurs locaux, comme nous l'explique A. Bédécarrats au travers de l'analyse textuelle des stratégies territoriales du développement durable dans le cas des terrains érodés des Alpes du Sud françaises.

**Freddy Rey et Nicolle Mathys,**  
Cemagref, UR ETGR  
Érosion torrentielle, neige et avalanches  
2 rue de la Papeterie  
BP 76  
38402 Saint-Martin d'Hères Cedex

**Thierry Dutoit et Élise Buisson**  
UMR CNRS-IRD IMEP  
Département Génie Biologique  
IUT d'Avignon  
Site Agroparc, BP 1207  
84911 Avignon Cedex 9

#### Bibliographie

- COLLECTIF, 2008, Programme interdisciplinaire « Ingénierie écologique - Appel d'offres 2008 », CNRS-Cemagref.
- BARNAUD, G., CHAPUIS, J.-L., 2004, Ingénierie écologique et écologie de la restauration : spécificités et complémentarités, *Ingénieries-EAT*, numéro spécial « Ingénierie écologique : des pratiques, des recherches pour l'action, sur les systèmes écologiques », p. 123-138.
- CHAPUIS, J.-L., DÉCAMPS, H., BARNAUD, G., BARRE, V. (Eds), 2002, Programme national de recherche « Recréer la nature » : réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes, Actes du colloque de Grenoble 11-13 septembre 2001, *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, suppl. 9, 261 p.
- COZIC, PH., 2004, Ingénierie écologique : des pratiques, des recherches pour l'action, sur les systèmes écologiques – Introduction, *Ingénieries-EAT*, numéro spécial « Ingénierie écologique : des pratiques, des recherches pour l'action, sur les systèmes écologiques », p. 3-6.
- DUTOIT, T., BUISSON, E., HENRY, F., RÖMERMANN, C., FADDA, S., GAIGNARD, P., SAATKAMP, A., 2008, Restauration de la steppe de Crau (Bouches-du-Rhône, France) : l'incertitude scientifique face aux besoins de l'ingénierie écologique, in : ALLARD, P., FOX, D., PICON, B., *Incertitude et environnement : la fin des certitudes scientifiques*, coll. Écologie humaine, Edisud, Aix-en-Provence. p. 397-406.
- DUTOIT, T., FOREY, E., RÖMERMANN, C., BUISSON, E., FADDA, S., SAATKAMP, A., GAIGNARD, P., TRIVELLY, E., 2005, Rémanence des utilisations anciennes et gestion conservatoire des pelouses calcicoles de France, *Biotechnologie, Agronomie, Sociétés et Environnement*, n° 9, p. 125-132.
- GOSSELIN, F., 2008, Redefining ecological engineering to promote its integration with sustainable development and tighten its links with the whole of ecology, *Ecological Engineering*, n° 32, p. 199-205
- REY, F., DELLA TORRE, S., BERGER, F., 2004, L'ingénierie écologique pour le contrôle de l'érosion dans les bassins versants torrentiels, *Ingénieries-EAT*, numéro spécial « Ingénierie écologique : des pratiques, des recherches pour l'action, sur les systèmes écologiques », p. 17-24.
- SER (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group), 2004, The SER International Primer on Ecological Restoration, [www.ser.org](http://www.ser.org) & Tucson : Society for Ecological International.