

Carrières, biodiversité et fonctionnement des hydrosystèmes

Collectif, sous la direction de Jean-Claude Lefeuvre

Résumés en français et en anglais des chapitres de l'ouvrage



BUCHET • CHÂSTEL
ÉCOLOGIE

CARRIÈRES, BIODIVERSITÉ ET FONCTIONNEMENT DES HYDROSYSTÈMES

Les auteurs, sous la direction de Jean-Claude Lefeuvre

I. LES CARRIÈRES, DES ESPACES EN DEVENIR, UNE SECONDE VIE POUR LES CARRIÈRES

Angélie Baral
Phil Benstead
Philippe Dasnias
Pierre Donnadieu
Jean-Pierre Dufay
Charlotte Dumas de Raulý
Ludovic Faytre
Paula Kahumbu
Jean-Christophe Kovacs
Esteve Serra Rodríguez
Volker Stein

II. LES CARRIÈRES ET L'HYDROSYSTÈME

Aicha Amezal
Hocine Bendjoudi
Jean-Paul Bravard
Éliane Fustec
Élisabeth Lambert-Servien
Jean-René Malavoi
Ghislain de Marsily
Serge Müller
Pierre-Alain Roche
Gabrielle Thiébaud
Reinhart Traub
Michèle Trémollières
Lothaire Zilliox

III. LES CARRIÈRES ET LE PATRIMOINE NATUREL

Philippe Dasnias
Bernard Frochot
Pierre Joly
Jean-Christophe Kovacs
Jean-Philippe Siblet

IV. LES CARRIÈRES, DES ÉCOSYSTÈMES FONCTIONNELS ET DYNAMIQUES ?

Claude Amoros
Andrea Bertolo
Philippe Boët
Gudrun Bornette
Bernard Frochot
Gérard Lacroix
William J. Mitsch

V. UTILISATION, GESTION ET RÉAPPROPRIATION DES CARRIÈRES POUR L'ENVIRONNEMENT

Andrea Bertolo
Raymond Faure
Francesco Giro
Gérard Lacroix
Christian Lévêque
Jean-Louis Michelot
André Ulmer

INTRODUCTION GÉNÉRALE

JEAN-CLAUDE LEFEUVRE

LE PROFESSEUR BOURLIÈRE, l'un des pères fondateurs de l'écologie en France, écrivait dans la préface de *L'Écologie* (1965), l'un des tout premiers livres consacrés à cette science dans notre pays : « l'homme ne peut se passer de la nature et vivre en dehors de ses lois. Est-il besoin de rappeler que notre survie dépend toujours, au siècle de l'atome comme à ceux de la pierre taillée, de l'absorption quotidienne d'aliments produits par le règne végétal et par le règne animal. » Et il ajoutait, plus loin : « Mais il y a plus. L'homme de l'ère industrielle a mis au point des appareils et des techniques qui lui permettent non seulement de transformer son milieu comme il ne l'avait jamais fait auparavant, mais aussi de créer de toute pièce des habitats entièrement artificiels. Parmi ces derniers, l'un des plus particuliers est le monde du béton et de l'acier... ».

Entre la pierre taillée et le béton, une histoire de près de 2,7 millions d'années s'est écoulée, période au cours de laquelle la roche a d'abord été utilisée pour accéder à la nourriture (broyage des végétaux, armes de chasse), avant d'être employée dans la construction des abris, de servir d'habitat (grotte) puis d'être extraite et taillée pour construire villes et villages, d'être transformée pour fournir des mortiers et finalement du béton. De même que la chasse et la cueillette ont en grande partie cédé le pas à l'agriculture, la roche, élément le plus emblématique de la construction de logements ayant permis l'extension vers les pays tempérés des populations humaines, d'abord « cueillie », a ensuite été extraite pour, plus tard, donner lieu à une industrie de transformation, celle du béton, s'appuyant obligatoirement sur les ressources provenant de

l'extraction de granulats issus de roches massives ou d'alluvions.

Notre progression démographique exponentielle, se traduisant par une augmentation sans précédent de nos besoins, a entraîné du côté alimentaire une extension considérable des terres agricoles au détriment des écosystèmes autochtones. De même, la couverture de nos besoins pour l'habitat et l'aménagement du territoire (voirie, tunnels, viaducs, barrages,...) a contraint à multiplier les lieux de prélèvements de matériaux issus de la croûte terrestre, avec des incidences certaines tant sur la géomorphologie, l'hydrodynamisme, les paysages que sur le fonctionnement des écosystèmes. Ces derniers, clé de voûte d'une biosphère pérenne, assurant le maintien de la vie et rendant d'immenses services gratuits à l'humanité depuis son origine, se doivent d'être réhabilités, restaurés après les agressions temporaires que constituent les extractions.

Il est plus que temps de porter un véritable diagnostic sur les pertes de fonctions que subissent certains écosystèmes ainsi que sur les restaurations entreprises afin d'améliorer un savoir-faire qui permette de minimiser les risques liés à l'exploitation des roches et granulats. L'objectif est de réhabiliter des fonctions disparues et de compenser certaines pertes en construisant de nouveaux écosystèmes. L'enjeu devient primordial en terme de maintien de la biodiversité soumise à une sixième crise du fait, pour la première fois dans l'histoire de la vie, des activités déployées par une seule espèce, la nôtre.

Dans cette perspective, le présent ouvrage témoigne, sur la base de suivis scientifiques à long terme réalisés tant en France qu'à l'étranger,

des progrès réalisés dans la remise en état et dans la cicatrisation assistée des milieux perturbés par l'extraction. Il fait également le point sur la qualité des restaurations, vue essentiellement à partir de diagnostics portés sur l'état de la biodiversité et des paysages quelques décennies après les opérations de réhabilitation des sites. Utilisant les connaissances nouvelles tant dans le domaine de l'hydraulique que de la biodiversité et du fonctionnement global des hydrosystèmes fluviaux, cet ouvrage développe l'idée de restaurer les fonctions disparues ou les services rendus, voire d'en créer de nouveaux en favorisant l'essor dans notre pays d'une véritable « ingénierie écologique ». Il oblige de ce fait à intégrer « les espaces d'extraction » dans un contexte beaucoup plus large, tenant compte des échanges intersystèmes et des activités humaines qui se déroulent sur les territoires concernés.

Considérées comme des espaces « en devenir », les carrières peuvent s'intégrer dans les nouvelles politiques d'aménagement du territoire dès lors qu'une stratégie de restauration est conçue à une échelle territoriale pertinente, tenant compte des besoins des hommes et contribuant ainsi au bien-être des populations locales, informées et conscientes de « l'espace de liberté » qui leur est accordé.



© UNICEM/Pierre-Yves Brunaud

PROFESSOR BOURLIÈRE, one of the founding fathers of ecology in France, wrote in the foreword of L'Écologie (1965), one of the very first books devoted to this science in our country: "Humanity cannot do without nature and cannot live apart from its laws. Whatever Throughout the centuries, from those of the palaeolithicPalaeolithic age to the one ofthat of the atom, we have toshoud remind remember that our survival has always depended on the daily absorption of food produced by the plant and animal kingdoms". And he added further: "But there is more. Man of the industrial age has developed equipment and techniques that allow him not only to transform his environment as he had never done before, but also to create some entirely artificial habitats. Among them, one of the most special is the world of concrete and steel".

Between the cut stone and the concrete, a history of almost 2.7 million years elapsed, a period during which the rock was first used for access to food (crushing of plants, hunting weapons), before being employed in the construction of shelters, to be used as habitat (cave) then to be extracted and cut to build cities and villages, to be transformed to provide mortars and finally concrete. Just as hunting and gathering have largely given way to agriculture, the rock – the most emblematic element of housing construction which allowed the expansion into temperate countries of human populations – initially "picked up", was then extracted, tofor later give rise to a processing industry, that of the concrete, based on resources coming from the aggregate extraction resulting from massive rocks or alluvia.

Our exponential population growth resulting in an unprecedented increase in our needs, involved, from a trophic viewpoint, a considerable extension expansion of farmland to the detriment of native ecosystems. In the same way the cover satisfaction of our needs for the habitathousing and country land-use planning (roadway system, tunnels, viaducts, dams,...) has constrained made it necessary to multiply the sampling places facilities of for materials from the earth's crust, with unquestionable incidences not only on the geomorphology, the hydro-dynamism and, the landscapes, but also on ecosystem functioning. The latter,

which is being the keystone of a perennial biosphere through the maintenance of life and the supply provision of immense services – free of charge – to humanity since its origin, must be rehabilitated and restored after the temporary aggressions that are the extractions constitute.

It is high time to make a true diagnosis on the losses of functions which some ecosystems undergo as on the restorations carried out in order to improve a know-how which makes it possible to minimize risks related to the exploitation of rocks and aggregates. The objective is to rehabilitate disappeared functions and to compensate for certain losses by building new ecosystems. This challenge stake is becoming of paramount importance for the maintenance of biodiversity, which is presently subjected to currently undergoing a sixth extinction crisis caused, for the first time in the history of life, by the activities deployed by only one species, ours.

From this point of view, this volume shows, on the basis of long-term scientific monitoring carried out both in France and abroad, the progress made in the rehabilitation and in the assisted healing of the environments disturbed by the extraction. It also provided provides an update on the quality of restorations, mainly seen from diagnoses on the state of the biodiversity and the landscapes a few decades after the rehabilitation operations of the sites' rehabilitation. Based on the most recent insights both in the fields of hydraulics on the one hand and of biodiversity and global functioning of fluvial hydrosystems on the other, this book develops the idea of restoring missing functions or services, or even creating new ones by promoting in our country a true "ecological engineering". Consequently Therefore, it requires integrating leads us to consider "the areas of extraction" in a much broader context, taking into account intersystems exchanges and human activities, which proceeded established in our the concerned territories.

Considered as spaces "constantly evolving", environments, careers quarries can be integrated into new regional planning policies, since provided that the restoration strategy is designed on a relevant territorial scale, and that it take taking human needs into account, of human needs and thus

contributing to the well-being of the local populations, who are informed and aware of "the space area of freedom" which that is granted to them.



I. LES CARRIÈRES, DES ESPACES EN DEVENIR, UNE SECONDE VIE POUR LES CARRIÈRES

L'UTILISATION DES CARRIÈRES

APRÈS EXPLOITATION :

ANALYSE DE QUELQUES EXEMPLES EUROPÉENS

Jean-Christophe Kovacs, Philippe Dasnias et Angélie Baral

Ecosphère

Mots clés : aménagement écologique, expertise écologique, gravières, plans d'eau, zones humides

Débutée modestement et portant initialement essentiellement sur l'avifaune, l'étude écologique des carrières a pris de l'ampleur ces dernières années pour prendre en compte l'ensemble des aspects écosystémiques.

Néanmoins, il subsiste encore un fossé entre la théorie – ce qui est préconisé – et la réalité de ce qui a été fait jusqu'à présent. Il est vrai que ces dernières années, de nombreux plans de réaménagement écologique, dont certains très ambitieux, ont été déposés avec les études d'impact (ou leurs équivalents à l'étranger) et que les créations de zones humides sur des gravières vont se multiplier dans les années à venir.

Keywords : ecological planning, ecological expertise, gravel pits, open waters, wetlands

With a modest start and initially focussing on bird species, the ecological study of quarries has greatly widened its horizon for the past few years, now taking



© GSM Lorraine

into account all ecosystemic aspects. However, there is still a gap between theory – what is recommended – and reality with the work carried out so far. It is true, though, that for the past few years, numerous ecological rehabilitation plans – some being fairly ambitious, have been registered along with impact assessments, and that wetland creation in quarries is going to increase for the coming years.

EN ALLEMAGNE : ÉTUDES DE CAS Volker Stein

Mots clefs : avifaune, biodiversité, dynamique végétale, gravières, réaménagement des carrières en Allemagne

Forte d'une expérience de plus de 25 ans en restauration écologique des carrières et des mines, l'Allemagne obtient aujourd'hui des résultats plus qu'encourageants. Des habitats de qualité ont été créés pour la faune et la flore sauvage. Ces milieux ont constitué des habitats de substitution pour certaines espèces végétales et animales rares et menacées, notamment pour diverses orchidées, le castor, le héron pourpré, la sterne pierregarin, le sonneur à ventre jaune... Dans de nombreux cas, ces nouveaux habitats s'intègrent parfaitement dans le paysage environnant. Néanmoins, il est recommandé de planifier ce territoire sur un périmètre suffisamment large pour éviter les aménagements à petite échelle, notamment pour les plans d'eau. Notre expérience nous a montré que ceux-ci sont rapidement envahis par la végétation.



Keywords: bird species, biodiversity, flora dynamics, gravel quarries, quarry rehabilitation in Germany

Germany has now more than 25 years of experience with the ecological restoration of pits and quarries. We have attained satisfying and encouraging results. Adequate habitats for endangered plants and wildlife have been created. Such surroundings have generated substitute habitats for some rare and threatened flora and fauna species, in particular various orchid species, the beaver, the Purple Heron, the Common Tern, the Yellow bellied toad... In many cases, these new habitats are well integrated in the surrounding landscape. However, we recommend planning such area on a large-scale basis so as to avoid small-scale infrastructures, especially for water works. In our experience such infrastructures will be very fast overgrown by vegetation.

EN ESPAGNE :
LE TRAITEMENT ET LA GESTION
DU RÉAMÉNAGEMENT
DE L'ENVIRONNEMENT APRÈS EXPLOITATION
DES CARRIÈRES À CIEL OUVERT EN CATALOGNE
Esteve Serra Rodriguez

Directeur de la section de réaménagement de carrières, Département de l'Environnement, Gouvernement autonome de Catalogne

Mots clés : carrières, législation des carrières, recyclage des déchets, réaménagement des carrières en Catalogne

L'impact environnemental lié à l'extraction de matériaux est considérable, affectant notamment la morphologie du terrain en endommageant la structure fonctionnelle des écosystèmes et l'esthétique du paysage. Il faut attendre 1981 pour que naisse le premier texte légal espagnol en matière de protection et de réaménagement environnemental s'appliquant aux carrières superficielles.

Une caractéristique remarquable de cette loi est la garantie financière incluse, soit une somme que doit déposer l'exploitant pour assurer l'exécution de la totalité des mesures de protection environnementales – travaux de restauration des habitats inclus – condition sine qua non pour obtenir l'autorisation ou la concession d'activités minières. Toutes demandes de recherche ou d'exploitation étant obligatoirement accompagnées par un programme de réaménagement, le remboursement de la garantie dépend de la réalisation des travaux prévus dans ce cadre.

La prise en charge de ces éléments par les divers acteurs a permis de les intégrer progressivement dans les habitudes de travail et a conduit notamment à l'introduction du concept de restauration intégrée. Celle-ci consiste, entre autres, à profiter des matériaux extraits de l'exploitation pour combler et restaurer morphologiquement les secteurs d'exploitation déjà épuisés. L'utilisation et le recyclage de divers types de matériaux secondaires sont encouragés pour les travaux de restauration environnementale (incluant les boues d'épuration, mais aussi le recyclage de déchets extérieurs comme le lisier d'exploitations porcines).

Le type de réaménagement obligé et garanti ainsi appliqué en Catalogne assure une bonne restauration écologique puisqu'il main-



Tous droits réservés

tient ou crée des habitats, contribuant à la biodiversité locale. Chaque année en Catalogne, quelque 500 ha de carrières à ciel ouvert sont réaménagés, facilitant ainsi l'intégration de ces nouveaux habitats dans leur environnement, conformément à la réglementation environnementale.

Key words : quarries, quarry legislation, quarry rehabilitation in Catalonia, waste recycling

The environmental impact related to material extraction is considerable, particularly affecting land morphology by altering the functional structure of ecosystems and their aesthetics. It was only in 1981 that the first Spanish legal act on open quarry environmental protection and rehabilitation was drafted.

A remarkable characteristic of this law is the financial guarantee integrated, i.e. an amount which the operator deposits to ensure the full implementation of all environmental protection measures – including habitat restoration – a prerequisite to obtain an operation permit. As a rehabilitation programme has to accompany such request, the reimbursement of the guarantee depends on the achievement of measures planned in this framework.

As various stakeholders were taking these elements into consideration, they were progressively integrated in their working habits, leading notably to the introduction of the integrated restoration concept. It consists of, among others, using extracted material to fill and restore the morphology of old quarry sectors.

The use and recycling of various secondary types of material are also encouraged for environmental restoration work (including sewage sludge, yet also the recycling of external waste such as swine manure). This type of mandatory and guaranteed rehabilitation has been successfully applied in Catalonia, ensuring a good ecological restoration as it maintains or creates habitats, thus contributing to the local biodiversity. Each year in Catalonia, some 500 ha of

open quarries are being rehabilitated, thus facilitating the integration of these new habitats into their surrounding, in conformity with the environmental legislation.

EN GRANDE-BRETAGNE

Phil Benstead

Wetlands Project Officer

The Royal Society for the Protection of Birds, UK

Mots clés : dynamique de végétation, gestion des carrières, gravières, partenariats exploitants / association de conservation de la nature, réaménagement des carrières en Grande-Bretagne

Si les carrières de graviers jouent un rôle important pour la biodiversité des milieux humides, la majorité des habitats ainsi créés l'ont été accidentellement et peu de sites ont ensuite été gérés de façon optimale. Dès les années 1980, des spécifications techniques sont alors élaborées au Royaume-Uni pour optimiser cette gestion des sites. Ainsi, les projets de création d'habitats sont souvent confiés à des organismes bénévoles de conservation de la nature se chargeant de ce travail, les exploitants s'engageant à respecter leurs objectifs (ex. réserve naturelle de Sevenoaks gérée par une société indépendante).

Depuis l'élaboration des Plans d'actions habitat introduits par le gouvernement, l'accent a été mis sur la conservation de la biodiversité, et le rôle des industriels pour atteindre ces objectifs est en passe d'être reconnu, les carrières de sables et de graviers offrant un fort potentiel en créant des prairies humides et des roselières. De nombreuses carrières encore exploitées telles qu'à Needingworth in Cambs et Langford Lowfields, ont été aménagées en partenariats avec des orga-

nismes de conservation afin d'apporter une contribution significative aux objectifs du BAP (Plan d'actions biodiversité) concernant les roselières.

De plus, les processus naturels pour la régularisation des habitats créés sont de plus en plus intégrés, évitant une coûteuse gestion artificielle et permettant de restaurer des habitats rares et naturels tels que les forêts alluviales (cas de Milton Keynes).



© Ecosphère/Michel Cambromi

Keywords : flora dynamics, quarry management, gravel quarries, partnership mineral company-nature conservation organisation, quarry rehabilitation in the United Kingdom

Though gravel quarries play an important role for wetland biodiversity, most habitats created in this way were so by mistake and few sites were then managed in an appropriate way. Since the 80's, technical specifications were developed in the United Kingdom to optimize site management. Hence, habitat creation projects are often assigned to nature conservation charities in charge of this work, companies binding themselves to respect their objectives (e.g. Sevenoaks Nature Reserve managed by a trust).

Since the development of the Habitat Action Plans introduced by the government, biodiversity conservation was put forward, and companies' key role in achieving this aim is about to be recognised, sand and gravel quarries offering a huge potential while creating wet meadows and reedbeds. Many quarries still running such as in Needingworth in Cambs and Langford Lowfields have been planned in partnership with nature conservation organisations so as to contribute significantly to the BAP's objectives (Biodiversity Action Plan) on reedbeds.

Moreover, natural processes for habitats control are more and more integrated, avoiding a costly artificial management and enabling the restoration of rare and natural habitats such as floodplain forests (Milton Keynes case study).

DIVERSITÉ DE L'UTILISATION DES CARRIÈRES : EXEMPLE DE L'ÎLE-DE-FRANCE

Ludovic Faytre et Jean-Pierre Dufay

IAURIF - Département environnement urbain et rural

Mots clés : aménagement des carrières en eau, Bassée, carrières en Île-de-France, gestion durable des ressources en matériaux

Les besoins importants passés et présents de l'agglomération parisienne en matériaux de carrières, notamment alluvionnaires, et la faiblesse des ressources franciliennes, ont provoqué depuis longtemps des conflits d'usages.

Le devenir des carrières après exploitation est varié et offre des opportunités intéressantes d'aménagement, en particulier écologiques, qui furent diversement utilisées par le passé.

Une gestion durable et concertée de la ressource en matériaux est nécessaire pour éviter le mitage de l'espace et permettre la cohérence des réaménagements et des gestions post-exploitation entre les différentes



Tous droits réservés

carrières. Pour ce faire, l'échelle du gisement est pertinente et devra être intégrée dans les documents d'urbanisme et de planification.

Keywords : alluvial quarry rehabilitation, Bassée, quarries in the Ile-de-France region, material resource sustainable management

The important past and present quarry material needs of the Parisian conurbation – especially alluvial ones, and the resource scarcity offered by the region have long led to use conflicts.

The quarry outcome once operations are over is various and offers interesting planning opportunities, particularly ecological ones, which have not always been seized in the past.

A sustainable management of material resources agreed upon is necessary to avoid patches of space, enable some coherence in the rehabilitation work and a proper ex-post management between quarries. In this end, the deposit scale is important and should be taken into account in planning documents.

LE CONCEPT DE DÉVELOPPEMENT DURABLE APPLIQUÉ AUX CARRIÈRES : LE CAS DE BAMBURI CEMENT À MOMBASA, KENYA

Paula Kahumbu et Charlotte Dumas de Raulu
Lafarge Ecosystems

Mots clés : Bamburi Cement, écosystème forestier tropical, éducation, Haller Park, réaménagement de carrière calcaire, tourisme, zone humide

Bamburi Cement (Kenya) compte plusieurs carrières calcaires, à différents stades d'exploitation et de réaménagement, les plus vieilles datant d'une trentaine d'années. L'objectif général du réaménagement est de créer un écosystème de forêts et de zones humides économiquement et écologiquement autosuffisant, dans une optique d'éducation à l'environnement. La plus vieille carrière est devenue un parc touristique assurant une source de revenus pour les travaux de réaménagement en cours. Les travaux réalisés tentent de prendre en compte le concept de développement durable par l'autosuffisance des écosystèmes créés, l'établissement de zones de loisir et de tourisme dans la région, la génération d'emplois, la production et la plantation d'arbres pour les communautés locales... Quelques difficultés sont rencontrées, concernant notamment la durabilité écologique (choix des essences à introduire, artificialisation de la gestion du système aquatique, ...). Cependant cet exemple exceptionnel de réaménagement de carrières en zone tropicale africaine joue un rôle important dans l'éducation et la recherche à travers la communication d'un savoir-faire aux communautés locales, l'éducation environnementale des enfants, l'opportunité d'études variées et bientôt la création d'un centre environnemental de documentation et de recherche.

Keywords : Bamburi Cement, tropical forest ecosystem, education, Haller Park, limestone quarry rehabilitation, tourism, wetland

Bamburi Cement (Kenya) owns several limestone quarries, which are at various stages of excavation and rehabilitation (the first rehabilitation works started more than 30 years ago).

The main objective of rehabilitation is to create an ecosystem of forest and wetland economically and ecologically self-sufficient as a demonstration for environment education. The oldest quarry has now become a tourist park and is a source of income for the current rehabilitation works. These works try to fit into the sustainable development context through the creation of self-sufficient ecosystems, the creation of leisure and tourist attractions in the region, generating jobs, tree nursing and plantation for the local communities... Some difficulties are encountered, in particular concerning the ecological sustainability (choice of planted species, artificial water system management...). However this outstanding example of quarry rehabilitation in an African tropical area has a great significance for research and education, through tree planting knowledge transmission to the local communities, children environment education, offering various study opportunities. In this context, an environment research and documentation center is being developed.



II. LES CARRIÈRES ET L'HYDROSYSTÈME

LA PRISE EN COMPTE DES CARRIÈRES ALLUVIONNAIRES DANS LES SDAGE : EXEMPLE DU BASSIN SEINE-NORMANDIE

Pierre-Alain Roche et Aïcha Amezal

Agence de l'eau Seine-Normandie

Mots clés : SDAGE, schéma d'exploitation des carrières, zonage, réaménagement

Les SDAGE, entrés en vigueur en 1997, prévoient une gestion équilibrée de la ressource en eau, élargie à la gestion des milieux aquatiques et humides. Ils devraient à long terme permettre de résoudre les problèmes de qualité et de quantité d'eau disponible.

L'un des objectifs du SDAGE Seine-Normandie est de rendre compatible l'extraction de granulats avec la préservation de la ressource en eau et du fonctionnement hydrique des zones humides. Localement, la réalisation de cet objectif passe essentiellement par l'élaboration des schémas départementaux de carrière, prévoyant notamment le réaménagement des sites à l'échelle de la vallée.

Le schéma seine-et-marnais est à ce titre intéressant, en particulier du fait des conflits d'usage sur la Bassée. Il prévoit :

- la réduction des prélèvements par une sectorisation des gisements et par l'élaboration d'un guide d'utilisation des matériaux ;
- une meilleure remise en état des sites après exploitation, passant par une plus grande intégration paysagère, un zonage approprié des travaux de réaménagement ainsi que l'élaboration d'un guide de remise en état.

Il a conduit localement à la mise en place d'une concertation entre les acteurs sur l'utilisation de l'espace. Les zonages, qui doivent être affinés, sont précisés dans les documents d'urbanisme. Cependant, en 1999, on n'observait pas un respect systématique des prescriptions du SDAGE, mais plus un usage comme « vitrine » ou démonstration de bonne volonté.

Keywords : water management scheme, quarry exploitation scheme, zoning, rehabilitation

SDAGE, which came into force in 1997, recommend a appropriate water resource management for wetlands and aquatic ecosystem. On the long term, they should enable to solve problems related to water quality and quantity available. One of the objectives of the Seine-Normandie SDAGE is to make gravel extraction possible while preserving water resource and wetlands hydrologic functioning. Locally, reaching this aim will be achieved by developing district management schemes for quarries, with the rehabilitation of sites at the valley scale. The Seine-et-Marne scheme is particularly interesting as many use conflicts occur in the la Bassée. It plans to :

- *reduce extractions through a division into sectors of the mineral deposit and through the development of guidelines on the use of materials*
 - *improve the rehabilitation process of sites after exploitation, through a better integration of the landscape, a appropriate zoning system of rehabilitation work and the development of guidelines regarding such planning.*
- The scheme led locally to the setting in place of a dialogue procedure between stakeholders upon space use. The division into sectors, which has to be further detailed, are defined in planning documents. In 1999 however, a systematic*

respect of the SDAGE objectives was not to observe, but rather its use was a demonstration of good will.

LES CARRIÈRES ALLUVIONNAIRES PROFONDES ET LA DYNAMIQUES DES NAPPES

Reinhart Traub et Lothaire Zilliox

Institut franco-allemand de recherche sur l'environnement Strasbourg-Karlsruhe

Mots clés : hydrosystème, échanges nappe-carrières, nappe alluviale

Pour répondre à la problématique de l'eau, une gestion équilibrée des ressources impose de prendre en compte la globalité de l'hydrosystème. Dans les vallées fluviales, l'exploitation des granulats dans les aquifères alluviaux – où le toit de la « nappe phréatique » est proche du sol – est susceptible d'aggraver les risques d'inondations et de pollution.

Or, la dynamique de l'eau dans ces milieux et le transport de polluants sont des phénomènes physiques pouvant être représentés par des modèles, pour comprendre les mécanismes fondamentaux de transfert et éviter les impacts d'activités humaines. Ils sont de plus en plus utilisés, bien que nécessitant parfois un nombre élevé de mesures pour parer à l'hétérogénéité des milieux naturels étudiés, dont le caractère souterrain rend l'identification des paramètres d'autant plus difficile.

De plus, en réalisant des analyses isotopiques situant l'âge d'origine d'eaux profondes de la nappe non contaminée, des informations supplémentaires fort utiles à la compréhension des mécanismes réels sont disponibles (âges, constitution des couches d'eau, cheminements...). Ces informations permettent d'orienter certaines décisions pour garantir une gestion durable des eaux sou-

terraines (en garantissant éventuellement leur consommation) et par extension, de l'aménagement du territoire.



Tous droits réservés

Keywords : hydrosystem, groundwater, groundwater-quarry interactions

In order to respond to the water issue, a sound resource management requires to take into account the hydrosystem as a whole. In river valleys, aggregate extraction in the alluvial aquifers – where the surface of the ground water is close to the land surface, may worsen flooding risks and pollution.

Yet, water dynamics in these natural environments and pollutant transport are physical phenomenon, which may be represented by using mathematical models, to understand fundamental transfer mechanisms and to avoid impacts of human activities. There are used more and more often, although they sometimes require a high number of measurements to counteract the heterogeneity of the studied environment, as those being underground, the identification of parameters is even more difficult.

Moreover, by performing isotopic analysis assessing the age of deep water levels at the bottom of the non contaminated ground water, additional

information are made available – something very useful for the comprehension of mechanisms on field (age, constitution of water beds, water routes...). This information helps in making decisions to guarantee a sustainable management of ground waters (eventually ensuring their drinkability), and by extension, that of land planning.

LES CARRIÈRES ET L'ESPACE DE LIBERTÉ DES COURS D'EAU

Jean-Paul Bravard et Jean-René Malavoï

Professeur de géographie à l'université de Lyon 2

Ingénieur conseil, professeur associé à la faculté des Sciences de Tours

Mots clés : hydrosystème, espace de liberté, gestion des cours d'eau, recharge alluviale

L'extraction de granulats jusqu'à la fin des années 1970 a eu de forts impacts sur le fonctionnement de l'hydrosystème fluvial, entraînant l'enfoncement des cours d'eau majeurs. Ceci a conduit à un changement de politique reportant les carrières dans des bandes riveraines proches de la rivière. De nouveaux impacts sont apparus avec des modifications lourdes et irréversibles des écosystèmes du lit majeur.

Le concept d'espace de liberté a alors été développé pour conserver sur le long terme cette capacité de recharge alluviale et mettre en évidence l'intérêt des biocénoses riveraines naturelles. Cette approche repose sur une délimitation d'un espace de mobilité fonctionnel (réduction des crues, protection de la ressource en eau potable...) variant en fonction du type de cours d'eau. C'est un enjeu majeur de l'aménagement futur des fonds de vallées.

Keywords : hydrosystem, open space, stream management, alluvial refill

The extraction of aggregates until the end of the 70's has had lots of negative impacts on the river hydrosystem functioning, with the deepening of main water streams. This led to political switch, with the installation of quarries alongside river channels. New impacts appeared with heavy and irreversible modifications of the main water stream's ecosystems.

Consequently, the concept of "open space" was designed to preserve the capacity on the long term of the alluvial refill and highlight the interest of natural river biocoenosis.

This approach is based on the delimitation of a functional mobility space (flood reduction, protection of drinkable water sources...) varying according to the type of water stream. This is a major issue for the future planning of river floodplains.

LES CARRIÈRES ET LA QUALITÉ DES EAUX DES NAPPES ALLUVIALES

Hocine Benjoudi et Ghislain de Marsily

UMR Sisyphe, université Paris 6

Mots clefs : nappes alluviales, ruissellement, bilan hydrologique, processus de rétention, dénitrification, gestion des plaines alluviales

Les zones humides sont des milieux connaissant de fortes variations spatiales et temporelles conférant une biodiversité riche, source d'eau et de matières premières, dont les rôles en terme d'épuration et de contrôle du régime des eaux sont essentiels. Il est donc fondamental de comprendre le fonctionnement de ces milieux. Dans le cadre du Programme national de recherche sur les zones humides (PNRZH), une étude pluridisciplinaire a été conduite portant sur la Seine moyenne et s'appuyant sur l'analyse de divers paramètres incluant la fluctuation du niveau d'eau et ses dynamiques (circulations, échanges, bilans,

modélisation). Le bilan hydrologique pour la zone humide alluviale seule a montré la nécessité de prendre en compte les eaux souterraines (d'échelle régionale) dans l'étude de l'hydrologie des zones humides. En effet, il est largement admis que les zones humides ont une grande influence sur le transfert des nitrates des nappes aquifères environnantes vers les cours d'eau.

Les travaux préliminaires ont indiqué une variation assez marquée, selon les sites et les saisons, des teneurs en nitrates. Cela suppose, d'une part, une contamination par des apports d'origine agricole et permet d'envisager l'existence, au sein des gravières, de processus de rétention (absorption par les végétaux) et/ou d'élimination des nitrates (dénitrification). Ainsi, les milieux étudiés se comportent, dans l'ensemble, comme des pièges vis-à-vis des éléments introduits par la nappe. Néanmoins, la présence des gravières modifie les écoulements souterrains en basses eaux (colmatage du fond et des parois, présence et texture des remblais) entraînant un déficit d'alimentation de la nappe alluviale.

Des études plus approfondies sur un ensemble de gravières sont donc essentielles pour intégrer, au moins en partie, la variabilité fonctionnelle de ces écosystèmes et de leur environnement. Pourtant, suite



Tous droits réservés

à la nouvelle directive européenne sur l'eau, chaque pays doit élaborer et mettre en œuvre des programmes d'actions pour améliorer la qualité des eaux. Plusieurs solutions s'offrent alors mais restent largement conditionnées par les facteurs socio-économiques, ceux-ci influençant considérablement la gestion de la plaine alluviale.

Key words : groundwater, streaming, hydrological assessment, retention process, denitrification, flood plain management

Wetlands are areas highly varying in space and time, thus providing a rich biodiversity, a source of water and raw material, which purification and water control roles is essential. It is thus fundamental to understand the functioning of such ecosystems.

In the framework of the "Programme National de Recherche sur les Zones Humides" (PNRZH), a multidisciplinary study has been carried out on this topic, focussing on the middle Seine River and based on the analysis of various parameters including the water level fluctuation and its dynamics (circulations, exchanges, evaluations, model building). The final hydrological assessment only for the alluvial wetland has shown the necessity to take into account groundwater (at the regional scale) in wetland studies. Indeed, it is well recognised that wetlands greatly influence nitrate transfer from the surrounding groundwater towards streams. Preliminary studies have indicated a significant variation of nitrate concentration according to sites and seasons.

This result implies some contaminations from agricultural origins and on the other hand, it is likely that within quarries, some retention process (vegetation absorption) and / or nitrate removal (denitrification) occur. Therefore, studied areas together act as traps for elements introduced by the groundwater. However, the existence of pits modifies ground outflows when the water level is low (bottom and side consolidation, existence and texture of embankments) leading groundwater to lack water supply.

More thorough studies on various pits are thus essential to integrate, at least partially, the functional variations of such ecosystems and their surroundings.

Yet, following the new European water Directive, each country has to develop and implement action plans to improve water quality. Several solutions are at hand though they rely heavily on socio-economical factors, these influencing considerably on the management of floodplains.

LES VÉGÉTAUX AQUATIQUES : DES INDICATEURS BIOLOGIQUES DE LA QUALITÉ DES EAUX

Gabrielle Thiébaud, Michèle Trémollières, Elisabeth Lambert-Servien et Serge Müller

Université Paul Verlaine de Metz, Laboratoire interactions écotoxicologie, biodiversité, écosystèmes, UMR CNRS 7146 ; Centre d'écologie végétale et d'hydrologie UMR MA 101, ULP/ENGEE Strasbourg ; Centre d'étude et de recherches sur les écosystèmes aquatiques IRFA/IBEA/UCO, Angers ; université Paul Verlaine de Metz, Laboratoire interactions écotoxicologie, biodiversité, écosystèmes, UMR CNRS 7146.

Mots clés : macrophytes, bioindicateurs, eutrophisation, qualité des eaux, acidification

Les macrophytes aquatiques jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement des hydrosystèmes. Ils se répartissent selon un gradient longitudinal (de l'amont vers l'aval) dans les cours d'eau et selon un gradient transversal (de la zone littorale vers les zones profondes) dans les milieux stagnants. La structuration des peuplements dépend à la fois des caractéristiques physiques de l'habitat et de la composition chimique des eaux. Les macrophytes aquatiques intègrent les modifications et les altérations des écosystèmes aquatiques.

Ce sont des bioindicateurs pertinents de la qualité des écosystèmes aquatiques et des bons descripteurs du fonctionnement des écosystèmes. Des séquences de bioindication de la qualité des eaux (eutrophisation, acidification) fondées sur des zonations de communautés végétales le long d'un gradient amont-aval ont été établies. Un changement de niveau trophique induit un changement de communautés. Les milieux stagnants, en absence de gestion, évoluent au cours du temps vers le comblement et entraînent par conséquent la mise en place de successions végétales. Les communautés de characées peuvent être des indicateurs de cette évolution.

Keywords : macrophytes, bioindicators, water quality, eutrophication, trophic level, acidification

Aquatic macrophytes play a key role in hydrosystem functioning. Their distribution varies according to an upstream-downstream gradient in running waters and according to a transversal gradient in still waters. The composition and the structure of macrophyte communities depend on the quality of the habitat and on the water chemical composition. Macrophytes are excellent indicators of water quality.

The main advantage of macrophytes is that they may integrate the cumulative effects of disturbances or pollutions. They are also widespread and easy to identify. Bioindication scales (eutrophication, acidification) based on aquatic macrophyte communities were established.

Changes in the trophic level due to human disturbances were reflected by changes in the composition of the floristic communities and by modification in the bioindication scale.

The stagnant water bodies, in absence of management, evolve in time towards the filling consequently the implementation of vegetable successions. Characean communities are useful indicators of the quality of the still waters.

III. LES CARRIÈRES ET LE PATRIMOINE NATUREL

LES CARRIÈRES, RÉSERVOIR POUR LA BIODIVERSITÉ ?

Jean-Christophe Kovacs et Philippe Dasnias

Ecosphère

Mots clés : biodiversité, réaménagement des carrières en eau, valeur écologique, recréation de milieux humides, zones humides

En avril 1995, un important programme de recherches appliquées concernant l'intérêt écologique des carrières en eau fut lancé par l'Union nationale des producteurs de granulats (UNPG), au travers du Comité national de la charte (CNC), afin d'évaluer comment les carrières pouvaient participer à la recréation de milieux humides. Il s'agissait donc de mesurer l'intérêt écologique des carrières de sables et graviers, en tant que zones humides artificielles et de mettre en évidence les facteurs les plus déterminants pour optimiser les aspects écologiques de leur remise en état.

À cette fin, 17 sites témoins de carrières en eau, répartis sur tout le territoire national et représentatifs de différentes situations rencontrées en France, ont été retenus. Ces sites représentent une superficie cumulée d'environ 1649 ha. Ils abritent ensemble 1001 espèces végétales vasculaires (environ 17 % de la flore de France), 132 espèces d'oiseaux nicheurs (48 % de l'avifaune nicheuse française), 121 espèces d'oiseaux migrateurs et hivernants, 16 espèces d'amphibiens (52 % des espèces françaises), 54 espèces d'odonates (65 % des libellules présentes en France). Le bilan de l'étude amène à considérer que les gravières peuvent constituer des zones humides d'intérêt, dont la valeur patrimoniale

est assez comparable aux zones humides naturelles ou semi-naturelles de superficie équivalente. L'intérêt est essentiellement déterminé 1) par la mise à jour de la nappe et la création de milieux humides qui en résulte, 2) par le rajeunissement des milieux, qui favorise les espèces pionnières, souvent peu fréquentes, 3) par la mise à jour de substrats diversifiés. D'une certaine manière on peut dire que l'exploitation de gravières mime le rajeunissement des milieux induits par les cours d'eau « naturels » dans leur fuseau de mobilité. Néanmoins, les carrières en eau connaissent un appauvrissement significatif à mesure qu'elles vieillissent, d'où la nécessité d'entretien dirigé, permettant le maintien artificiel des milieux pionniers et post-pionniers qui sont généralement les plus riches.



Key words : biodiversity, rehabilitation of alluvial quarries, ecological value, wetlands restoration, wetlands

In April 1995, an important applied research programme regarding the ecological interest of alluvial quarries was launched by the Union Nationale des Producteurs de Granulats (UNPG), through the Comité National de la Charte (CNC) in order to assess how quarries could participate in the re-creation of wetlands. The aim was thus to measure the ecological interest of sand and gravel quarries as artificial wetlands to highlight most important factors optimising all ecological aspects of quarry restoration.

In this purpose, 17 sites were selected, widely distributed throughout the country and representative of the various existing sites. The overall surface of

these sites amounts to a total of ca 1649 ha. Together, they shelter 1001 vascular flora species (roughly 17% of the French flora), 132 nesting bird species (48% of French species), 121 migrating and wintering bird species, 16 amphibian species (52% of French species), 54 odonate species (65% of dragonflies found in France). The study results tend to show that gravel quarries may shelter wetlands of interest, which patrimonial value may be quite comparable to those of natural wetlands of a similar size.

Criteria justifying this interest are mainly based on (1) renewing the groundwater, resulting in the creation of wetlands, (2) environment revitalisation, favouring pioneering species, often seldom, (3) renewing the diversified substratum. Somehow, one may say that ground stripping leads to a rejuvenation of the land comparable to the natural effect of flooding on flood plains. However, there is a significant impoverishment of ageing alluvial quarries, thus the necessity to set up an adequate management for the artificial maintenance of species-rich "submergent" and post-submergent vegetation.



© Ecosphère/Michel Pajard

LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX DES CARRIÈRES

Philippe Dasnias

Ecosphère

Mots clés : biodiversité, carrières en eau, groupements végétaux, perturbations écologiques, successions végétales, zones humides

Suite au lancement en 1995 d'une étude des carrières en eau par le Comité national de la charte (CNC) pour évaluer leur intérêt écologique en tant que zones humides de substitution, un travail de synthèse a été réalisé, le premier du genre, sur les groupements végétaux des carrières alluvionnaires.

Dix-sept sites de carrières ont été sélectionnés, répartis dans toute la France, conduisant à l'élaboration d'un catalogue des groupements

végétaux rencontrés. Dix-sept grands types de groupements végétaux ont alors été définis et leur fréquence, mesurée. Leur agencement et leur répartition dépendent principalement de l'âge, du type de sol et du fonctionnement des carrières.

Les résultats de cette synthèse ont montré une diversité remarquable, s'expliquant par des conditions écologiques très diversifiées et des facteurs propres à l'exploitation (travaux, création de plans d'eau...). L'étude a permis de mettre en évidence quatre facteurs prépondérants déterminant ces groupements (relations hydrodynamiques latérales, effet dynamique des crues du cours d'eau voisin, remaniement des terres végétales et stériles, évolution dynamique de la végétation).

Key words : biodiversity, alluvial quarry, vegetation grouping, ecological disturbances, flora successions, wetlands

Following the launch in 1995 of a study of alluvial quarries by the Comité National de la Charte (CNC) in order to assess their ecological interests as alternative wetlands, a synthesis was produced, the first one of its kind on vegetation grouping in alluvial quarries.

Seventeen quarry sites were selected, widely distributed throughout France, leading to the elaboration of a catalogue of vegetation groups encountered. 17 main vegetation grouping have thus been defined (mainly taking into account the age, the soil type and the operating system of the various quarries) and their frequency was measured. The results of this synthesis have shown a remarkable variety, which can be explained through the broad ecological conditions and factors inherent to quarries themselves (operating system, creation of ponds...). The study also enabled to highlight four main factors determining those groups (hydrodynamic side relationships, dynamic effect of stream flooding in the vicinity, land modification, dynamic evolution of the vegetation).

LES CARRIÈRES EN EAU : UN REFUGE POUR LES AMPHIBIENS ?

Pierre Joly

UMR Écologie des hydrosystèmes fluviaux, université Claude Bernard Lyon 1

Mots clés : amphibiens, dynamique de population, écologie des paysages, réaménagement des carrières en eau, zones humides

Lorsqu'elles génèrent de nouveaux habitats aquatiques, les carrières peuvent contribuer de façon significative au maintien de la biodiversité en permettant l'installation et la reproduction de nombreuses espèces de milieux humides, y compris des espèces rares et en danger. À cet égard, les carrières peuvent jouer un rôle patrimonial. Toutefois, la diversité biologique d'une carrière dépend des modalités de sa réhabilitation et de sa situation dans la mosaïque du paysage. La réhabilitation doit être attentive à la qualité des zones littorales pour favoriser l'établissement d'un écotone actif, particulièrement dans les portions de périmètre où se situent des intrants de ruissellement ou de nappe.



Une reprise d'exploitation peut aussi favoriser la dynamique de la biodiversité en régénérant des stades successionnels primaires. Les connexions avec certains habitats terrestres (forêts, landes, prairies) sont nécessaires à la réalisation du cycle biologique de certaines espèces qui occupent ces différents habitats. En réduisant le risque d'extinction des populations, les connexions entre zones humides (naturelles ou réhabilitées) sont rendues possibles par l'entretien d'habitats favorables aux migrations et à la dispersion. Le groupe des amphibiens peut jouer un rôle d'indicateur biologique de premier plan pour le suivi des opérations de réhabilitation par les exigences biologiques des organismes et les contraintes liées à la complexité de leur cycle vital.

Key words : amphibians, population dynamics, land ecology, rehabilitation of alluvial quarries, wetlands

As quarries generate new aquatic habitats, they can significantly contribute to biodiversity preservation by offering many wetland species the possibility to set up and reproduce, even those rare threatened ones. For this reason, quarries may have a key ecological role. However, quarry biodiversity depends greatly on the way its rehabilitation is handled and its location within the surrounding landscape. This rehabilitation has to pay attention to the quality of coastal areas to favour the settlement of an active ecotone, particularly where water connections lie (groundwater, streams...). To resume operating work may also favour biodiversity dynamics by re-creating flora successions. Connections with various terrestrial habitats (forests, heaths, prairies) are necessary for the life-cycle of some species settled in those habitats. By reducing threats upon those populations, connections between wetlands (natural or rehabilitated) are made possible by maintaining favourable habitats for migrations and dispersal. Amphibians may play a key role as a biological indicator for the monitoring of quarry rehabilitation, having a complex lifecycle requiring various biological needs.



POUR UN AMÉNAGEMENT ÉCOLOGIQUE DES CARRIÈRES : EXEMPLE EN ÎLE-DE-FRANCE

Jean-Philippe Sibley

Direction régionale de l'environnement d'Île-de-France

Mots clés : aménagement du territoire, gestion des carrières, oiseaux d'eau, politique de conservation, réaménagement des carrières en eau

Dans sa politique de préservation de l'environnement depuis plus de 10 ans, la DIREN Île-de-France a attaché une attention toute particulière aux dossiers d'installations classées parmi lesquels les carrières, l'activité extractive y étant importante. À cette fin, une action de partenariat a été menée avec la profession et les autres services de l'État sur plusieurs thèmes parmi lesquels la qualité des études d'impact et la pertinence des remises en état.

Trois axes majeurs ont été retenus : la promotion d'une politique globale de réaménagement écologique des carrières ; des actions ponctuelles en faveur de certaines espèces d'oiseaux rares ou menacées et la mise en œuvre d'engagements en faveur d'une conservation et une gestion durable des espaces réhabilités.

Ainsi, le bilan en matière de réhabilitation écologique des carrières montre l'intérêt d'une action pluri-directionnelle allant du ponctuel jusqu'au plus global, en utilisant toute la palette des outils disponibles (réglementaires, fonciers, contractuels...). Cette politique offre alors la possibilité d'obtenir des résultats significatifs en matière d'amélioration des potentialités biologiques des sites réaménagés.

Key words : land planning, quarry management, aquatic birds, conservation policy, rehabilitation of alluvial quarries

Through its environment protection policy, the DIREN Ile-de-France has paid particular attention to documents related to classified sites for the past 10 years, among which quarries are to be found, extraction activities being quite important in this region. For this purpose, a partnership was established with operators and other state departments, focussing on various issues including, among others, the quality of impact assessments and the relevance of rehabilitation works. Three topics were dealt with: promoting a global action policy towards



© LPO Loire

ecological rehabilitation work in quarries, some actions regularly taken towards various bird species, and commitments in favour of a sustainable management and conservation of all rehabilitated spaces.

Consequently, the results in term of ecological rehabilitation of quarries show the importance of a cross-sectoral approach from the local to the global scale, using all the range of tools available (regulatory, financial, contractual...). This approach offers the possibility to get significant results as regards the improvement of the biodiversity potential of rehabilitated sites.

IV. LES CARRIÈRES, DES ÉCOSYSTÈMES FONCTIONNELS ET DYNAMIQUES ?

RESTAURATION DES COURS D'EAU ET DE LEUR BASSIN VERSANT : UNE APPROCHE PAR GÉNIE ÉCOLOGIQUE

William J. Mitsch

Olentangy River Westland Research Park, université de l'Ohio, États-Unis

Mots clés : aménagement des cours d'eau, bassin du Mississippi-Ohio-Missouri, génie écologique, réaménagement des carrières en eau

Le génie écologique est l'approche nécessaire pour restaurer les ruisseaux, rivières et bassins versants. Bien que ce travail soit le plus souhaitable pour l'écosystème, avec un retour à une situation proche de l'état initial avant perturbation, nos rivières ont été souvent tellement dégradées qu'elles offrent des possibilités de créer des écosystèmes qui n'étaient pas vraiment présents auparavant. Le génie écologique peut se définir comme l'élaboration d'écosystèmes durables intégrant l'homme à son environnement naturel pour le bénéfice des deux, s'insérant dans un concept plus large de restauration et de création d'écosystèmes.

Ainsi, les rivières peuvent être aménagées en 1) restaurant les écosystèmes des plaines alluviales, 2) en restaurant ou 3) en recréant différents méandres de rivières et 4) en développant à grande échelle des zones humides et des forêts pour le contrôle des nutriments. Quelques études de cas sont décrites présentant des projets de restauration de rivières aux États-Unis : la rivière Olentangy dans l'Ohio, le Mississippi en Louisiane et la rivière Kissimmee en Floride, ainsi que le Rhône en France et la rivière Skjern au Danemark. Il doit y avoir interconnexion

de ces divers travaux d'aménagement, mais en respectant les principes de base suivants : un écosystème doit pouvoir évoluer sans aucune intervention et il a besoin de temps pour se développer.

Key words : Mississippi-Ohio-Missouri River Basin, ecological engineering, restoration of alluvial quarries, river planning



Tous droits réservés

Ecological engineering is the approach needed to restore streams, rivers, and watersheds. While ecosystem restoration, defined as the return of an ecosystem to a close approximation of its condition prior to disturbance, is most desired, very often, our rivers have been so altered that there are opportunities for creating ecosystems that were not exactly there before. Ecological engineering is defined as the design of sustainable ecosystems that integrate human society with its natural environment for the benefit of both and is a broader concept that includes ecosystem restoration and creation.

Rivers can be ecologically engineered by 1) restoring floodplain ecosystems, 2) creating or restoring river diversions, 3) re-meandering of rivers, and 4) large-scale development of riparian wetlands and bottomland forests for nutrient control. Examples of such projects are described for the river “restoration” projects in the USA at the Olentangy River in Ohio, the Mississippi River in Louisiana, and the Kissimmee River in Florida, and in Europe for the Rhone River in France and the Skjern River in Denmark. Restoration of river channels and their floodplains needs to be interconnected and the basic principles need to be followed of self-design and giving the system time to develop.

LA RESTAURATION D’ANCIENS BRAS FLUVIAUX : QUELS ENSEIGNEMENTS TIRER DES RETOURS D’EXPÉRIENCES ?

Claude Amoros

Mots-clés : biodiversité, connectivité hydrique, crues, génie écologique, plaine alluviale, restauration des chenaux fluviaux

Suite à deux projets de restauration d’anciens bras fluviaux consistant principalement à déclencher ou à favoriser l’action de processus naturels, certaines conclusions ont pu être dégagées – ces études ayant été accompagnées d’un suivi scientifique rigoureux.

La première expérience rapporte les résultats d’un suivi sur 8 ans de la réhabilitation d’un ancien chenal par la seule restauration de son alimentation en eau souterraine. Le second présente une diversification des conditions d’habitat par la réhabilitation de 3 anciens chenaux presque ou entièrement atterris, situés sur un même secteur de plaine.

Les résultats ont montré l’importance de trois processus naturels dans la réussite des restaurations écologiques en plaine alluviale

d’inondation : l’alimentation en eau souterraine, la connectivité hydrique entre les plans d’eau restaurés et le cours principal et le balayage par les crues. Il s’avère aussi possible de diversifier les conditions d’habitats et d’augmenter la biodiversité même sur un secteur de plaine relativement restreint, voire fortement anthropisé.



© Ets Desmarest

Key words : biodiversity, hydraulic connectivity, ecological engineering, flood, floodplain, river channel rehabilitation

Following two restoration projects of former river channels mainly consisting of launching or enhancing natural processes, some conclusions can be drafted – as a rigorous scientific monitoring of these studies have been carried out.

The first experiment returns 8 years monitoring results on a former channel rehabilitation, which work only consisted with restoring its groundwater supply. The second one shows a diversification of habitat conditions through the rehabilitation of 3 former channels nearly or entirely dried out and located in the same plain area.

Results have shown the importance of three natural processes for the ecological floodplain restoration success: groundwater supply, hydraulic connection between rehabilitated open waters and the main stream, and flooding. It is also possible to diversify habitat conditions and to increase biodiversity, even within a relatively small area of a plain, yet even highly under human influence.

STRATÉGIE DE CONSERVATION DES PLANTES DE ZONES HUMIDES

Gudrun Bornette

UMR CNRS Écologie des hydrosystèmes fluviaux, université Claude Bernard Lyon 1

Mots clés : biodiversité, flore aquatique, phytoécologie, successions végétales, gravière



© Gérard Arnal

La dynamique des milieux aquatiques dépend largement des paramètres relevant de la teneur en nutriments de ces aquifères, du contexte géomorphologique, de l'intensité des facteurs de stress, de la pression anthropique, des modes de renaturation (et leurs usages) et des caractéristiques physiques du plan d'eau. Cependant, les communautés végétales jouent également un rôle essentiel en tant que producteur primaire et élément agissant sur l'environnement physique (vitesse du courant, sédimentation...), servant d'habitat à certaines espèces et intervenant dans les cycles biogéochimiques.

Il est donc particulièrement intéressant de comprendre les processus déterminant les patrons de diversité et les successions végétales se déroulant dans ce type d'écosystèmes en tenant compte des principales ressources limitant la production primaire.

Finalement, la diversité fonctionnelle des gravières est probablement très significative mais ne devrait pas atteindre celle des zones humides fluviales. Par conséquent, l'expression de la biodiversité dans ces écosystèmes devrait varier fortement d'un site à l'autre et au cours des successions, traduisant ainsi l'hétérogénéité fonctionnelle des situations.

Key words : biodiversity, aquatic flora, phytoecology, flora successions, gravel quarries

Aquatic ecosystem dynamics greatly depends on various parameters related to nutrient concentration, the surrounding geomorphologic context, the intensity of stress factors, the anthropologic pressure, renaturation means (and their use), and the physical characteristic of the water. However, vegetation communities play a key role as a primary producer and an element affecting the physical environment (speed flow, sedimentation...), sheltering various species and taking part in biogeochemical cycles.

Therefore, it is particularly interesting to understand processes underlying diversity patterns and vegetation succession taking place in such ecosystems, taking into account the main resources limiting the primary production.

Finally, the functional diversity of gravel quarries is probably highly significant, yet it should not reach that of river wetlands. Consequently, the biodiversity of such ecosystems should highly vary from one site to the other and during successions, thus highlighting the functional heterogeneity of these situations.

LES CARRIÈRES, SUBSTITUTS AUX ANNEXES HYDRAULIQUES EN MILIEU FLUVIAL ?

Philippe Boët

Unité de recherche fonctionnement des hydrosystèmes et bioprocédés, Cemagref-Antony

Mots clés : poissons, fleuve, annexes hydrauliques, habitats fonctionnels, habitat de reproduction, nourriceries, habitat d'alimentation, refuges

La dynamique fluviale engendre dans le lit majeur des grands fleuves une multitude d'annexes hydrauliques qui sont d'une importance cruciale pour le cycle biologique de nombreuses espèces de poissons. Ces milieux offrent des lieux de pontes et de nourriceries, ainsi que des refuges ou des habitats d'alimentations, et leur variété supporte la diversité des assemblages de poissons. Les milieux d'origine artificielle, méandres rescindés ou carrières en eau, fournissent-ils de telles fonctionnalités écologiques ? La comparaison de secteurs naturels et modifiés de la Seine apporte des éléments de réponse. Par ailleurs, un point particulier concerne le cas spécifique des carrières en eau isolées et déconnectées du chenal principal d'écoulement.

Key words : fish, river, backwaters, functional habitats, nurseries, refugia, reproduction habitat, feeding habitat.

Due to the fluvial dynamic processes, the floodplains of large rivers are composed of multiple backwaters (dead-arms, riparian coves, wetlands...) which are of crucial importance to the life cycle of many fish species. These environments provide spawning grounds and nursery areas, as well as refugia or feeding habitats. Their variety supports the fish assemblages diversity. Do man-made habitats, such as cut-off meanders, sand or gravel quarries, provide such ecological functionalities? The comparison of natural and modified stretches of the Seine River brings some elements of response. Furthermore, a particular point concerns the specific case of the man-made water bodies which are completely disconnected from the main channel.

UN MILIEU EN PERPÉTUEL CHANGEMENT : L'EXEMPLE DES CARRIÈRES DE BOURGOGNE

Bernard Frochot

Mots clés : faune aquatique, gravières, processus de colonisation, succession écologique, oiseaux

Les carrières de granulats alluvionnaires se sont développées en Bourgogne à partir des années 1950, générant la création d'un grand nombre de plans d'eau peu profonds, de dimensions modestes, dont le niveau d'eau fluctue avec celui de la nappe phréatique.

L'étude de certains de ces plans d'eau a donné lieu à un rapport synthétique dont les principales conclusions sont décrites dans cet article, portant sur la colonisation des plans d'eau neufs par les animaux, l'évolution temporelle de ces peuplements et les particularités écologiques des carrières en eau temporaire.

Dans tous les sites étudiés, la colonisation spontanée par la faune s'est réalisée très rapidement et s'avère relativement typée, souvent caractéristique de ce nouvel habitat. Ces milieux conviennent plutôt aux espèces du milieu lotique.

Une fois la carrière abandonnée, les peuplements animaux se modifient au fil des années. Ces transformations s'inscrivent dans le processus de succession écologique, le fonctionnement global de l'écosystème aquatique se modifiant petit à petit, les perturbations engendrées par la fluctuation du niveau d'eau étant un paramètre influant nettement la productivité de l'écosystème et les peuplements animaux.

Key words : aquatic fauna, gravel quarries, bird fauna, colonisation processes, ecological succession

The development of gravel quarries has started in Burgundy in the 1950's, leading to the creation of numerous shallow open waters of a relatively small size, which water level varies with that of the groundwater. After studying some open waters, a synthetic document was produced and this article summarizes its main conclusions focusing on animal colonization of open waters, the population evolution in time and the ecological characteristics of temporary ponds in quarries.

In all sites studied, the spontaneous fauna colonization happened very rapidly, and is quite distinctive, often characteristic of this new habitat. Such ecosystem is mostly suitable to lotic species. Once a quarry is abandoned, fauna population evolves year after year. These changes are part of an ecological succession process, the global functioning of aquatic ecosystem modifying itself little by little, disturbances generated by the water level fluctuation being an important parameter influencing ecosystem productivity and fauna populations.



V. UTILISATION, GESTION ET RAPPROCHEMENT DES CARRIÈRES POUR L'ENVIRONNEMENT

LES CARRIÈRES EN EAU : DES OBSERVATOIRES UTILES POUR L'ÉCOLOGIE SCIENTIFIQUE ?

Gérard Lacroix et Bertolo Andrea

*Biogéochimie et écologie des milieux continentaux, École normale supérieure ;
Groupe de recherche sur les écosystèmes aquatiques, université du Québec à
Trois-Rivières*

Mots clés : biodiversité, biomanipulation, limnologie, morphométrie
des plans d'eau, observatoires écologiques, stoichiométrie écologique,
réseaux trophiques

De nombreux plans d'eau artificiels ont eu un impact négatif sur l'équilibre naturel du paysage. Pourtant, il fut admis petit à petit que ces biotopes artificiels pouvaient avoir une utilité dans la nature pouvant compenser leurs effets négatifs potentiels, notamment pour la protection de certains oiseaux d'eau. Aujourd'hui, les carrières en eau sont en train d'acquiescer une valeur d'usage écologique, une valeur sociale, voire une valeur économique. Ceci signifie des contraintes plus fortes pour les exploitants.

Pourtant, malgré la publication de nombreux travaux à partir des années 1980 sur l'aménagement des carrières en eau se focalisant sur la préservation du patrimoine naturel ou la réhabilitation des milieux, peu se sont axés sur le fonctionnement écologique de ceux-ci. Il apparaît nécessaire aujourd'hui de prendre en compte ces aspects, en intégrant l'architecture des réseaux trophiques, du phytoplancton aux poissons, en passant par les macrophytes et les oiseaux.

Des approches comparatives ont été utilisées pour mettre en évidence les mécanismes structurant les écosystèmes, indiquant l'importance des facteurs macroclimatiques et la charge en nutriments sur les caractéristiques de biomasse et de production des lacs.

La taille et la morphométrie constituent également des critères essentiels de différenciation des plans d'eau, les lacs étant susceptibles de fonctionner différemment vis-à-vis du cycle du phosphore selon le milieu, la surface et la profondeur.

Un grand nombre d'expériences en mésocosmes ont été aussi réalisées pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes lacustres et les carrières en eau sont devenues un champ expérimental



indispensable. D'autres approches scientifiques sont aussi intégrées (stœchiométrie écologique et dynamique des écosystèmes, intégration de la zone littorale, avifaune et milieux lacustres).

Le suivi à long terme de certains écosystèmes modèles a été reconnu comme essentiel pour appréhender leur réponse aux perturbations ou aux contraintes de l'environnement. Les gravières en eau présentent l'intérêt majeur d'évoluer très rapidement durant les premières années suivant leur création et constituent ainsi un support particulièrement intéressant pour étudier les processus de succession et de colonisation.



Tous droits réservés

Key words : biodiversity, biomanipulation, limnology, ecological observatory, lake morphometry, trophic interactions, ecological stoichiometry

Numerous artificial water bodies have had a negative impact on the landscape's natural balance. However, it was progressively admitted that these artificial biotopes could be useful for nature by compensating their potentially negative influence, especially that of water bird conservation. Nowadays, water-filled quarries are currently acquiring ecological, social and even economical values. It also means more constraints for managers.

Yet, despite the publication of various studies since the 80's on the planning of water-filled quarries focussing on biodiversity conservation and habitat rehabilitation, rare were those dealing with their ecological functioning. It seems necessary today to take these aspects into account, by integrating the architecture of trophic networks, from phytoplankton to fish, including macrophytes and birds.

Comparative approaches have been used to underline the mechanisms structuring ecosystems, showing the importance of microclimatic factors and nutrient concentration on biomass characteristics and lake yield. Size and morphometry are also essential criterion for differentiating water bodies, as lakes are likely to function differently with regard to the phosphorus cycle according to the surrounding, the surface and the depth.

Various experiments have been carried out in mesocosms to understand the functioning of lake ecosystems, and water-bodied quarries have become an essential experimental field. Other scientific approaches have also been integrated (Ecological stoichiometry and ecosystem dynamic, integration of coastal areas, bird fauna and lake ecosystems).

The long term monitoring of models of ecosystems has been recognised as fundamental in order to anticipate their responses to disturbances or environmental constraints. One interesting aspect of water bodied quarries is how fast they evolve during the first years following their creation. In this respect, they thus form a particularly interesting basis for studying succession and colonisation processes.

LA RESTAURATION DU FONCTIONNEMENT ÉCOLOGIQUE DU SITE DE MIRIBEL-JONAGE

Jean-Louis Michelot

Ecosphère

Mots clés : aménagement des carrières, gestion des écosystèmes, biodiversité, Miribel-Jonage, tourisme

Le parc de Miribel-Jonage (2000 ha), localisé en amont de Lyon dans la plaine alluviale du Rhône, a fait l'objet d'une acquisition publique en 1968 pour constituer une zone d'expansion des crues et une zone récréative. Les aménagements nécessaires devaient être financés par l'exploitation de granulats. Dans les années 1980, deux nouvelles fonctions sont apparues (réserve en eau potable et protection de la nature). Un conflit d'usage a rendu nécessaire l'établissement d'une charte en 1993.

Les aménagements ultérieurs ont conduit à la création d'une zone de transition entre les parties les plus aménagées et les plus naturelles du parc de Miribel. Les plans d'eau constituent cette zone tampon permettant de limiter la fréquentation et d'améliorer la qualité de l'eau (sédiments et nitrates). Les terrassements ont été limités et ont visé essentiellement à remodeler l'existant (berges, îles, mares...) pour créer des conditions variées. La gestion actuelle des milieux vise à les diversifier, en maintenant notamment des stades pionniers, et à orienter la fréquentation.

Ce site assure désormais la totalité de l'alimentation en eau potable de l'agglomération de Lyon. Il est proposé au titre de Natura 2000 et accueille 3 millions de visiteurs par an. Il constitue l'une des plus grande zone inondable à proximité de Lyon.



Key words : quarry planning, biodiversity, ecosystem management, Miribel-Jonage, tourism

The Miribel-Jonage park (2000 ha), situated in the north of Lyon in the Rhône floodplain, was purchased by the State in 1968 to increase the size of the flood zone and create a recreational area. The required planning was to be funded by the quarry manager. In the 80's, two additional roles appeared (drinking water reserve and nature conservation). A use conflict made it necessary to develop a Charter in 1993.

Further planning led to the creation of a buffer zone between planned and natural areas, through the development of water bodies restraining visitors and enabling water filtration (sediments and nitrates). Landscaping was limited and they aimed essentially at remodelling existing structures (banks, islands, ponds...) to create various conditions. The current habitat management seeks to diversify these, particularly by maintaining pioneer conditions, and to control visitor flow.

Henceforth, this site ensures the entire drinking water supply of the Lyon conurbation. It has been suggested for the Natura 2000 network and welcomes 3 million visitors per year. It is one of the biggest floodplain around the city.

**LA MISE EN VALEUR DE LA PLAINE DU FOREZ :
DE L'INDUSTRIEL AU NATUREL,
DE L'ENDIGUEMENT À LA LIBERTÉ FLUVIALE**
Raymond Faure et André Ulmer

Mots clés : écozone du Forez, réaménagement des carrières, tourisme, biodiversité

Pour remédier à la dégradation du cours de la Loire dans le Forez, zone humide d'importance internationale fortement dégradée par l'extraction de matériaux, l'endiguement et la construction de barrages, la FRAPNA

Loire a entrepris en 1987 d'acquérir des terrains sur la commune de Chambéon. Un partenariat avec des collectivités territoriales, associations, administrations et industriels a permis in fine de créer « l'écozone du Forez », constituée de 400 ha s'étirant sur 12 km en bord de fleuve, où des opérations de réhabilitation, de gestion de suivi scientifique et d'ouverture au public ont été menées.

Le suivi scientifique a permis d'évaluer la bonne réussite environnementale des aménagements et d'améliorer les techniques de génie écologique. La construction d'un bâtiment d'accueil et d'observatoires, la réouverture de sentiers, ont permis d'attirer et d'éduquer à l'environnement un public large et diversifié, et d'assurer des retombées pour l'économie locale.

Key words : biodiversity, forez ecozone, quarry rehabilitation, tourism

To deal with the Loire river degradation in the Forez, wetland of international importance highly degraded by material extraction, dikes and dam construction,



the FRAPNA Loire organisation began to purchase lands in the Chambéon area in 1987. A partnership with local municipalities, organisations, administrations and manufacturers finally enabled the creation of the « Forez ecozone », amounting to a total of 400 ha along 12 km of the riverbank where rehabilitation work, scientific monitoring and opening to the public have been carried out.

The scientific monitoring gave the possibility to assess the environmental achievement of planning, and to improve ecological engineering techniques. The construction of a welcome centre and observatories, and the reopening of footpaths enabled to attract a large and diversified public and raise their environmental awareness, ensuring positive repercussions on the local economy.



© Ecosphère/Laure Bourjot

L'EXPÉRIENCE ESPAGNOLE DE RÉAMÉNAGEMENT ET DE SUIVI ÉCOLOGIQUES DES CARRIÈRES

Francesco Giro

Mots clés : aménagement des carrières en Espagne, perception sociale des carrières, zones humides méditerranéennes

Ce n'est qu'à la fin des années 1990 que de nombreux naturalistes et des communautés locales se sont intéressés aux carrières pour leur potentiel en tant que zones humides. Depuis, plusieurs initiatives de restauration des carrières ont vu le jour.

Le climat sec de la région entraîne une baisse de la nappe phréatique l'été, aggravée par les pompages à des fins agricoles. Certaines carrières finissent par s'assécher complètement, profitant à de nombreux invertébrés et amphibiens n'ayant plus de gros prédateurs. Un facteur déterminant à cet assèchement est la profondeur des plans d'eau dont dépendent le développement de la végétation aquatique et la concentration d'oxygène dans l'eau. En effet, l'eutrophisation est un problème récurrent dans ce type de milieu.

Parallèlement, la présence de grands lacs artificiels augmente la pression sociale pour développer des activités récréatives aux impacts environnementaux souvent négatifs. Malheureusement, les exploitations sont souvent considérées simplement sous un angle économique et souffrent considérablement d'un manque de planification. Il arrive même qu'elles servent de décharge et la population les perçoit très négativement.

Pourtant, de nombreuses études de cas visent à une gestion appropriée des exploitations pour optimiser la restauration en même temps que l'utilisation sociale de la zone. Il est important d'insister sur le besoin

de planification du processus de restauration de carrières humides, surtout en région méditerranéenne où les programmes de suivi écologique demeurent encore insuffisants.

Key words : mediterranean wetlands, social perception of quarries, spanish quarry planning

It is only by the end of the 90's that various ecologists and local communities started paying attention to quarries for their potential as wetlands. Since then, several initiatives were launched to rehabilitate quarries for this purpose.

The dry climate typical of this region leads to a decrease of the groundwater level during summer, aggravated by agricultural activities pumping water. At last, some quarries completely dry out, benefiting numerous invertebrates and amphibians left without predators.

A significant drought factor is the water bodies' depth on which aquatic vegetation and oxygen concentration depend. Indeed, eutrophication is a recurrent problem related to this type of habitats.

In parallel, the presence of large artificial lakes increases the social pressure on the development of recreational activities that frequently lead to harmful effects on the environment. Unfortunately, quarries are often considered under an economic approach and greatly suffer from a lack of planning. They even serve as rubbish dumps and the population sees them rather negatively.

However, various case studies aim at an appropriate management of quarries in order to optimise the rehabilitation work as well as the social use of the area. It is important to insist on the need for a quarry rehabilitation management planning, especially in the Mediterranean region where ecological monitoring programmes are still lacking.



© Yan Février