

## Contaminants émergents en milieu aquatique

La diversité des molécules et produits synthétisés par l'homme est en constante progression. À cette diversité s'ajoute celle de leurs produits de transformation dans les milieux aquatiques, difficile à appréhender. Le développement de la recherche permet d'obtenir des informations précises sur le mécanisme d'action des contaminants au niveau moléculaire et cellulaire, notamment grâce au développement des outils analytiques et bio-analytiques, mais il permet rarement d'extrapoler aux effets sur les organismes entiers. C'est dans ce contexte que sont apparues les notions de contaminants émergents, d'effets émergents et de risques émergents: contaminants émergents telles les nouvelles molécules ou celles nouvellement détectées grâce aux progrès analytiques (résidus de médicaments); effets émergents dus à des molécules connues qui perturbent une fonction dans des organismes en induisant des effets non attendus (perturbateurs endocriniens); risques émergents liés à la méconnaissance de leur occurrence et de leurs effets dans l'environnement (nanoparticules).

À titre d'exemple, la caractérisation de la présence de résidus de médicaments dans les compartiments du milieu aquatique a conduit à un questionnement sur les risques associés. Pour mieux connaître ces contaminants émergents, des chercheurs de l'UMR Hydrosciences se sont intéressés aux processus pouvant conduire à l'atténuation naturelle des contaminants émergents dans les milieux aquatiques. Il s'agit pour l'essentiel de processus d'adsorption sur les phases solides tels les sédiments et les sols, de processus de dégradation sous l'action des micro-organismes (biotransformation) ou sous l'action des radiations solaires (phototransformation). Dans certains cas, ces processus de transformation peuvent également conduire à la formation de produits qui présentent des risques aussi élevés que les substances parentes pour les organismes aquatiques. Ces contaminants émergents ne sont pas considérés comme des contaminants persistants, à l'inverse par exemple des polychlorobiphényles (PCB) ou des dioxines. On les considère en revanche comme des substances « pseudo-persistantes » car, même si leurs temps de vie sont courts dans les milieux aquatiques,

elles y sont émises en continu, le plus souvent via les rejets des stations d'épuration.

### Emerging contaminants in aquatic environments

The diversity of the compounds and products synthesised by man is increasing continuously. To this variety is added that of the products of their transformation in aquatic environments, a feature that is difficult to address. The development of research gives precise information about the mechanisms of action of these contaminants at molecular and cellular levels, in particular thanks to the development of analytical and bioanalytical tools, but it rarely goes as far as extrapolating their effects on whole organisms. The notions of emerging contaminants, emerging effects and emerging risks have appeared in this context: emerging contaminants such as new molecules or those newly detected by progress in analysis (medication residues), emerging effects of known molecules and that disturb a function in organisms by inducing unexpected results (endocrinal disruptors) and emerging risks related to poor knowledge of their occurrence and effects in the environment (nanoparticles).

For example, characterisation of the presence of medication residues in the compartments of aquatic environments has led to asking questions about the related risks. To gain better understanding of these emerging contaminants, researchers at UMR (joint research unit) Hydrosciences addressed the processes that can lead to the natural mitigation of emerging contaminants in aquatic environments. This mainly involves process of adsorption on solid-phase materials such as sediment and soil, degradation by micro-organisms (biotransformation) or under the effect of solar radiation (photo-transformation). In some cases these transformation processes may also lead to the formation of substances with risks as high as their parent substances for aquatic organisms. These emerging contaminants are not considered as persistent contaminants, unlike polychlorinated biphenyls (PCBs) and dioxins for example. However, they are considered as pseudo-persistent substances as even though their lives are short in aquatic environments, they are emitted continuously, generally via outflow from sewage treatment stations.

## Pollution par les drainages de mine : vers un traitement biologique ?

L'exploitation minière conduit à l'extraction de grandes quantités de matériaux riches en sulfures, qui sont concentrés et transformés sur place. Les déchets de ces différentes opérations, exposés à l'air et aux eaux météoriques, sont alors très sensibles à l'altération. Ils libèrent pendant des siècles des eaux acides très riches en fer et sulfates. Ces lixiviats, appelés drainages miniers acides (DMA), contiennent également des teneurs extrêmes en métaux (Pb, Zn, Cu, Tl, Cd...) et métalloïdes (As, Sb...). Ils sont toxiques pour l'écosystème et représentent une menace pour la ressource en eau dans de nombreuses régions de la planète.

Depuis une quinzaine d'années, le laboratoire Hydrosiences Montpellier et ses partenaires étudient les processus de transfert des métaux et métalloïdes toxiques dans les bassins versants impactés par des pollutions d'origine minière. Les recherches sont menées sur différents sites miniers abandonnés ou en activité en France métropolitaine, au Maroc, en Espagne, en Bolivie..., dans le cadre de projets nationaux (Insu, ANR) et européens, et de l'Observatoire des sciences de l'Univers Oreme. L'objectif est de mieux comprendre comment se forment les drainages de mine mais également comment ces pollutions sont naturellement atténuées dans le milieu naturel. Il s'agit d'identifier les mécanismes physicochimiques mis en jeu et le rôle des micro-organismes. En effet, aussi inhospitaliers soient-ils, les DMA abritent des communautés florissantes d'eucaryotes, Archaea et bactéries qui y trouvent un milieu favorable à leur développement. Ces micro-organismes sont capables, dans certains cas, de modifier la forme chimique des polluants métalliques et de les transformer ainsi en composés moins toxiques ou moins mobiles. Ces recherches ont permis par exemple de montrer que l'atténuation naturelle de l'arsenic dans les DMA était en grande partie due à l'activité de bactéries capables d'oxyder le fer et l'arsenic.

L'acquisition de nouvelles connaissances sur la biogéochimie des drainages de mine permettra, à terme, d'améliorer les modèles de transport réactif capables de simuler la formation des DMA sur le long terme et leur atténuation dans l'hydrosystème aval. La découverte de micro-organismes adaptés aux milieux extrêmes et impliqués dans la biotransforma-

tion d'éléments toxiques peut offrir des potentialités intéressantes pour le développement de procédés passifs de traitement biologique des eaux acides minières.

### Pollution by mine drainage: towards biological treatment?

Mining involves the extraction of large quantities of material rich in sulphides that are concentrated and processed at the site. Exposed to air and rainfall, the wastes resulting from these various operations weather easily. For centuries, they release acid water with very high iron and sulphate contents. This leachate called acid mine drainage (AMD) also contains high levels of metals (Pb, Zn, Cu, Tl, Cd, etc.) and metalloids (As, Sb, etc.). These are toxic for the ecosystem and form a threat to water resources in many regions of the world. For some fifteen years, the HydroSciences Montpellier laboratory and its partners have studied the processes of transfer of toxic metals and metalloids in drainage basins affected by mining pollution. The research is conducted at various abandoned or working mines in metropolitan France, Morocco, Spain, Bolivia, etc. within the framework of national (INSU, ANR) and European projects and the Observatoire des sciences de l'Univers (OREME). The aim is that of gaining better understanding of how mine drainage forms and also how this pollution is mitigated naturally in the natural environment. This involves identifying the physico-chemical mechanisms involved and the role of microorganisms. Indeed, even though it is extremely inhospitable, AMD contains flourishing communities of eukaryotes, Archaea and bacteria that find AMD favourable for their development. In some cases, these microorganisms can modify the chemical form of metal pollutants, making them less toxic and less mobile. For example, this research has shown that the natural mitigation of arsenic in AMD is the result to a considerable degree of the activity of bacteria that oxidise iron and arsenic.

The acquisition of new knowledge of the biogeochemistry of mine drainages will make it possible in time to improve reactive transport models capable of simulating the formation of AMD in the long term and its mitigation in the downstream hydrosystem. The discovery of microorganisms adapted to extreme environments and involved in the biotransformation of toxic substances may have interesting potential for the development of passive processes for the biological treatment of acid mine drainage.

A woman wearing a vibrant, patterned headscarf is seen from behind, filling a red bucket from a large, circular stone well. The well is surrounded by a low stone wall with several arched openings. In the background, there are multi-story buildings made of light-colored stone with many windows, some with arched openings. The water in the well is clear and reflects the surrounding buildings and sky. The scene is set in a historic, possibly Middle Eastern, urban environment.

# L'eau

## au cœur de la science

Water at the Heart of Science

Préambule Érik Orsenna

**IRD**  
Éditions

# L'eau au cœur de la science

Water at the Heart of Science

**Préambule** A message from  
**Érik Orsenna**

**Avant-propos** Foreword by  
**Michel Laurent**

**IRD Éditions**  
Institut de recherche pour le développement

Marseille, 2012

## Ouvrage publié à l'occasion du Forum mondial de l'eau (Marseille, 12-17 mars 2012).

This book is published on the occasion of the World Water Forum (Marseille, 12-17 March 2012).

Les photos présentées dans cet ouvrage sont pour la plupart issues de la base Indigo, la banque d'images de l'IRD. Quelques-unes proviennent d'autres banques d'images. Elles sont publiées avec l'aimable autorisation des institutions et des auteurs sollicités.

Most of the photographs in this book are from Indigo, the IRD image bank. A few are from other image banks. They are published by kind permission of the establishments and of their authors.

### Coordination scientifique Scientific coordination

Bernard Pouyaud

### Coordination éditoriale Editorial coordination

Thomas Mourier

### Rédaction Written by

Claire Gout/Coéval durable

### Recherche iconographique Iconographic research

Thomas Mourier, Claire Gout/Coéval durable, Daïna Rechner

### Traduction Translated from the French by

Simon Barnard

### Mise en page et coordination fabrication Page layout and production coordination

Catherine Plasse

### Maquette de couverture Cover design

Michelle Saint-Léger

### Maquette intérieure Content layout

Catherine Plasse

Toute reproduction ou représentation, intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit (reprographie, microfilmage, scannérisation, numérisation...) de la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur, est illicite (article L 122-4 du Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992) et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. L'autorisation de reproduction de tout ou partie de la présente publication doit être obtenue auprès de l'éditeur.

© IRD, 2012

ISBN : 978-2-7099-1723-0