



RESEAU ALSACE DE LABORATOIRES EN INGENIERIE ET SCIENCES POUR L'ENVIRONNEMENT

LA LETTRE

EDITORIAL

Le 11 mai 2010, le pôle de compétitivité « Eau Alsace-Lorraine » a été labellisé. REALISE en est un des partenaires scientifiques. La réussite de ce projet montre la place majeure que prennent aujourd'hui les questions environnementales pour nos sociétés, et l'enjeu que constitue l'étude et l'exploitation des eaux continentales en Alsace et en Lorraine.

Ces ressources en eaux sont en effet un bien collectif indispensable au développement de nos régions et une véritable richesse économique, qu'il convient donc de gérer et protéger au mieux.

Néanmoins, comme pour toutes les questions environnementales, la perception que l'on a de la question des ressources en eaux est en réelle évolution. Le fait que le seuil de 9 milliards d'habitants soit bientôt franchi contribue certainement à une réelle prise de conscience, à tous les niveaux de nos sociétés, que les ressources qu'apporte le milieu naturel ne peuvent plus être considérées comme un bien d'utilisation illimitée. La vision de ce que l'on appelle l'environnement ou les problématiques environnementales en est ou en sera obligatoirement modifiée.

Il ne s'agit plus aujourd'hui de concevoir les questions environnementales comme des questions à l'interface de différentes sphères plus ou moins indépendantes représentant les différents aspects du milieu naturel, sociétal, économique... mais bien de concevoir l'environnement c'est-à-dire notre milieu de vie comme une sphère au contour fini et aux ressources limitées qui englobe l'ensemble des autres sphères, dont celle des activités humaines.

C'est cette vision ou idée qu'il est important d'avoir à l'esprit lorsque l'on parle de développement économique durable. Le pôle de l'eau, par les rapprochements entre monde de la recherche et monde industriel qu'il fait naître et les ambitions qu'il affiche, contribuera, sans aucun doute, à la mise en place d'une gestion durable des ressources en eaux de nos deux régions.

François Chabaux, Coordinateur de REALISE

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Mise au point de nouvelles stratégies de dépollution d'écosystèmes contaminés par l'arsenic

La contamination des eaux de distribution par de l'arsenic a été identifiée comme un risque majeur pour la santé humaine en divers endroits du monde. Les effets les plus dramatiques ont été récemment décrits en Inde et au Bangladesh où l'on estime qu'elle présente un risque pour près de 50 millions de personnes. Même en France, une pollution des eaux de surface a été détectée dans diverses régions, en particulier les Vosges et le Massif Central.

Dans l'environnement, l'arsenic se trouve essentiellement sous trois états d'oxydation: -3, +3 et +5. L'arsénite ou As[III], l'arséniat ou As[V] ainsi que l'arsine sont les formes les plus courantes en milieu aquatique. La toxicité ainsi que la biodisponibilité dépendent de l'état d'oxydation, l'arsénite étant la forme la plus toxique et la plus mobile. La proportion relative de ces états d'oxydation dans un environnement donné dépend largement de biotransformations liées au métabolisme des micro-organismes, telles que la réduction et l'oxydation de l'arsenic

L'étude de ces biotransformations, en particulier de la biodiversité en relation avec la nature physico-chimique du milieu, devrait contribuer à une meilleure compréhension du rôle des microorganismes impliqués dans l'écologie des milieux fortement contaminés par l'arsenic.

Les travaux en cours au sein de l'équipe « écophysiologie moléculaire des micro-organismes » du Laboratoire de Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie concernent l'étude moléculaire du métabolisme microbien de l'arsenic et sa diversité chez des organismes de référence étudiés en condition de laboratoire. Ces organismes ont été isolés d'environnements contaminés, en particulier des stations d'épuration industrielles ou d'anciens sites miniers. L'équipe de chercheurs s'est spécialisée dans les approches de génomique qui permettent de décrire le génome et de comprendre comment les gènes s'expriment en fonction de l'environnement. Dans ce but, elle a initié, en collaboration avec le Génoscope (organisme national spécialisé dans l'analyse et le séquençage des génomes), plusieurs projets de séquençage de bactéries métabolisant l'arsenic et fut la première à publier le génome complet d'une bactérie arsénophile.



Les méthodes font appel aux techniques les plus récentes de la génomique (protéomique*, puces à ADN,...). En parallèle, des approches similaires sont développées et mises en œuvre afin d'étudier les communautés microbiennes dans leur ensemble : métagénomique*, métaprotéomique*, génomique inverse* avec essais de culture de microorganismes non cultivables.

L'objectif est de caractériser les organismes en présence et d'identifier leurs potentialités métaboliques, non seulement pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes mais aussi pour rechercher de nouvelles fonctions utilisables à des fins de bioremédiation. Concernant ce dernier point, les chercheurs collaborent à un projet de bioremédiation d'eaux de surface contaminées par de l'arsenic, à l'aide de bioréacteurs (dispositif permettant de cultiver des bactéries d'intérêt) utilisant des bactéries transformant et précipitant l'arsenic (ANR PRECODD, projet COBIAs, piloté par le Bureau de Recherche Géologique et Minière).

* **protéomique** : analyse des protéines d'un organisme, synthétisées dans un contexte donné.

métaprotéomique : même procédé, mais pour un ensemble d'organismes d'un milieu donné.

métagénomique : extraction de l'ADN de toutes les bactéries présentes dans un milieu donné.

génomique inverse : repérage des bactéries présentes non cultivées afin de mettre au point des techniques pour les cultiver.



Photographie au microscope électronique à transmission de la bactérie *Herminiimonas arsenicoxydans*, capable d'oxyder la forme AsIII, la plus toxique et la plus mobile en AsV, moins toxique et moins mobile. La barre correspond à 1 micromètre.

Contact : Marie-Claire Lett - Laboratoire de Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie, Équipe écophysiologie moléculaire des microorganismes
<http://gdr2909.u-strasbg.fr/gdr2909/>
Projet COBIAs : <http://cobias.brgm.fr/>

Nouvelle méthode de mesure des pesticides atmosphériques

L'utilisation intensive de pesticides induit une contamination de tous les milieux environnementaux (eau, sols et air) ainsi que les denrées alimentaires. Des études récentes ont montré que les atmosphères des zones urbaines et rurales ainsi que l'air intérieur sont contaminés par de faibles teneurs en pesticides d'origine agricole et non agricole, l'atmosphère étant un excellent vecteur de leur dissémination dans l'environnement.

Depuis le milieu des années 90, l'équipe de Physico-Chimie de l'Atmosphère du Laboratoire des Matériaux, Surfaces et Procédés pour la Catalyse a développé des mé-

thodes d'analyse permettant de détecter les pesticides à l'état de traces et mis au point des méthodologies de terrain pour évaluer leur processus de transferts vers l'atmosphère. Elle a également initié des stratégies d'échantillonnage complexe afin de décrire avec précision la variabilité géographique, temporelle et contextuelle des niveaux de contamination.

Jusqu'à présent, aucun système d'analyse directe et peu coûteux n'était disponible pour analyser les polluants organiques semi-volatils comme les organochlorés, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) ou les pesticides. Ces deux dernières années, le laboratoire a travaillé à la mise au point d'une méthode alternative permettant de prélever et analyser ces composés dans l'atmosphère dans une optique d'évaluation de l'exposition des populations à l'extérieur et en atmosphère confinée.

Maurice Millet, enseignant chercheur, a mis en place avec son équipe une nouvelle méthodologie de prélèvement consistant en l'utilisation de l'échantillonnage passif pour comprendre les variabilités spatio-temporelles des niveaux de pesticides avec une attention particulière sur les usages non agricoles de ces molécules. Cette méthode simple, facile d'utilisation et peu onéreuse permet d'étudier les variations de niveaux de concentrations. Il s'agit d'établir un flux non forcé de polluant entre l'échantillon d'air prélevé et le support d'échantillonnage (disques de polyuréthane). Ce flux perdure jusqu'à atteindre un équilibre entre les deux milieux. Le prélèvement peut être de longue durée, ne nécessite aucune source d'énergie, est silencieux et relativement économique.

Ces travaux s'accompagnent d'une collaboration européenne (université de Luxembourg) pour associer des compétences en toxicologie. L'objectif étant de mettre en place un outil associant des mesures physiques (capteurs passifs) et l'analyse de cheveux pour évaluer l'exposition des populations aux pesticides. Par ailleurs, une thèse en co-direction avec le laboratoire « Chrono-environnement » de l'université de Besançon et co-financée par l'ADEME et la Région Franche-Comté s'intéresse à l'impact potentiel des applications de pesticides et en particulier leur transfert vers la faune du sol par l'étude d'un organisme modèle pulmoné qu'est l'escargot.

Depuis 2008, une autre doctorante bénéficiant d'une bourse régionale travaille sur la mise en évidence de l'impact de l'activité industrielle sur la qualité de l'air en zones urbaines par le couplage capteurs passifs – biomonitoring* de polluants organiques (pesticides, polychlorobiphényles, HAPs,...), en codirection avec Peter Stille, géochimiste dont les travaux ont été exposés dans la dernière lettre de REALISE.

* **le biomonitoring** utilise des écorces d'arbres comme indicateurs de la pollution de l'air par les particules et autres polluants organiques.

Contact : Maurice Millet, Equipe de Physico-Chimie de l'Atmosphère, Laboratoire des Matériaux, Surfaces et Procédés pour la Catalyse

La géodésie au service de l'hydrogéologie

La gravimétrie est l'étude de la pesanteur de la Terre (g) et de sa variation spatiale et temporelle. Historiquement, la gravimétrie a été utilisée pour caractériser les variations de densité des structures géologiques et proposer des modèles structuraux, principalement de la croûte terrestre. La gravimétrie est aussi utilisée depuis assez longtemps en géotechnique, par exemple pour trouver des cavités souterraines. Dans ces deux cas, il n'est pas question d'étudier des variations temporelles mais uniquement des variations spatiales de pesanteur.

Tout a changé avec l'amélioration de la précision des mesures, car aujourd'hui on est capable d'estimer de façon relativement aisée des variations de pesanteur de l'ordre du microgal. Avec cette précision, il est possible de suivre de faibles variations spatiales mais surtout temporelles de pesanteur. Cela a ouvert de nouvelles perspectives scientifiques et conduit au développement de ce qu'on appelle l'hydrogéodésie, c'est-à-dire l'hydrogéologie étudiée à l'aide de la gravimétrie. En effet, l'eau dans le sol a une certaine masse qui génère une certaine attraction qui elle-même influe sur la pesanteur. L'étude des variations de pesanteur, tout étant égal par ailleurs, peut donc apporter une information sur la quantité d'eau contenue dans le sol. A titre d'exemple, une lame d'eau de 10 cm dans le sol va conduire à une augmentation de la pesanteur de l'ordre de 4 microgal.

Il existe différents types de mesures :

- des mesures spatiales, qui permettent d'étudier les variations de la pesanteur à grande longueur d'onde, typiquement le millier de kilomètres. Une mission récente, appelée GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment), a ainsi permis de mettre en évidence les variations annuelles de pesanteur liées aux cycles hydrologiques, notamment dans les zones équatoriales où ce cycle est le plus marqué du fait des fortes précipitations,

- d'autre part des mesures terrestres de 3 types :

- la mesure absolue : l'appareil, basé sur le principe de la chute libre, permet de mesurer de façon absolue la pesanteur avec une précision de 1 microgal. Avec cet appareil, il est possible d'effectuer des mesures sur le terrain mais en nombre limité car les mesures sont longues (un jour) et la logistique compliquée (environ 500 kg de matériel très fragile). L'École et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg (EOST) dispose de l'un des deux gravimètres absolus nationaux,

- la mesure relative mobile : l'appareil est basé sur l'allongement d'un ressort et permet d'estimer la variation relative de pesanteur entre 2 points. Cette mesure, relativement aisée à réaliser, permet de densifier les réseaux de mesure absolue,

- la mesure relative d'observatoire est réalisée à l'aide de gravimètres supraconducteurs. La précision est bien meilleure que pour toutes les autres mesures. Mais ces appareils d'observatoire sont très rares et non transportables.

Ils donnent une série temporelle continue de mesures en un point. L'EOST gère un appareil de ce type près de Strasbourg (fort J9 près de Oberhausbergen) et est en train d'en installer un second en Afrique de l'Ouest au Bénin.

En combinant sur un aquifère des mesures de gravimétrie absolues et relatives à l'aide des instruments décrits ci-dessus, il est possible de suivre les variations spatio-temporelles des stocks d'eau du sous-sol. Du point de vue du gravimétricien, être capable de caractériser précisément les variations de pesanteur liées à l'eau permet de corriger plus aisément les variations de pesanteur mesurées par les gravimètres supraconducteurs et par conséquent d'améliorer les études de dynamique globale entreprises avec ces appareils. L'hydrogéodésie est donc un domaine prometteur où chaque discipline trouve son compte.

C'est ce type d'approche qui est développée dans le cadre du projet GHYRAF (Gravité et Hydrologie en Afrique). Ce projet est une initiative de la communauté gravimétrique française portée par J. Hinderer à l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg (IPGS). Le but du projet est de combiner sur 4 ans (2008-2011) des mesures de gravimétrie (sol et satellite), de GPS, de résonance magnétique protonique avec des mesures hydrologiques (piézomètres, sondes d'humidité, stations de flux) pour mieux estimer les variations du stock d'eau dans le sous-sol, depuis la zone désertique du Sahara à la zone de mousson intense du Bénin en passant par le Sahel. L'instrument principal est le gravimètre absolu de Strasbourg.

A plus petite échelle, c'est ce type de méthode que les chercheurs de l'équipe «Dynamique Globale» de l'IPGS souhaitent mettre en œuvre, par exemple sur le bassin du Strengbach (à Aubure dans le Haut-Rhin) dans le cadre de REALISE. Le but est de caractériser l'hétérogénéité des capacités du stockage d'eau du bassin en installant un réseau gravimétrique de 10-15 sites mesurés périodiquement.



© J. Hinderer

Gravimètre supraconducteur



Gravimètre absolu

Pour en savoir plus :

Contact : Frédéric Masson, Equipe Dynamique Globale, Institut de Physique du Globe de Strasbourg.

- l'observatoire gravimétrique de Strasbourg : <http://eost.u-strasbg.fr/obsgrav>

- le projet GHYRAF : <http://eost.u-strasbg.fr/obsgrav/pages/recherches/GHYRAF-EOST.pdf>

- la mission GRACE : <http://www.csr.utexas.edu/grace/>

Dernières thèses soutenues

28 avril 2010, Lucas Di Felice : « Capture de CO₂ et reformage catalytique des goudrons produits par le procédé de gazéification de la biomasse en lit fluidisé ». Directeur de thèse : Alain Kiennemann, Laboratoire des Matériaux, Surfaces et Procédés pour la Catalyse.

15 mars 2010, Eric Halter : « Spéciation des ions phosphate et uranyle à l'interface corindon colloïdal / solution. Etude expérimentale et analyses spectroscopiques *in-situ* ». Directeur de thèse : V. Lagneau, École Nationale Supérieure des Mines de Paris (ENSM), Co-directeurs: B. Madé, ENSM et M. Del Nero, Institut Pluri-disciplinaire Hubert Curien.

27 Janvier 2010, Nicolas Humbert : « Chélateurs du fer(III) et de cations lanthanides : approche biomimétique ». Directeur de thèse : A.-M. Albrecht-Gary, Institut de Chimie de Strasbourg.

14 Janvier 2010, M. Hmadeh : « Mécanismes de reconnaissance ionique et moléculaire ». Directeur de thèse : A.-M. Albrecht-Gary, Institut de Chimie de Strasbourg.

21 décembre 2009, Amel Djeddi : « Étude des mécanismes de réactions de désaromatisation ». Directeur de thèse F. Garin, Laboratoire des Matériaux, Surfaces et Procédés pour la Catalyse.

15 décembre 2009, Sandro Roselli : « Génomique fonctionnelle de la dégradation microbienne du chlorométhane ». Directeurs de thèse : Françoise Bringel et Stéphane Vuilleumier, Laboratoire Génétique Moléculaire, Génomique, Microbiologie.

8 décembre 2009, Raphaël di Chiara : « Développement d'un code de calcul multiphasique multiconstituant ». Directeur de thèse : Gerhard Schäfer, Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg.

3 décembre 2009, Jonathan Wertel : « Modélisation et expérimentation des profils tridimensionnels de vitesse et de turbulence en conduites d'assainissement à surface libre ». Directeur de thèse : Robert Mose, Institut de Mécanique de Fluides et des Solides.

2 décembre 2009, Alexia Curzydlo : « La société commerciale face à la protection de l'environnement ». Directeur de thèse : Georges Wiederkehr, Faculté de Droit, Strasbourg.

27 novembre 2009, Khalifa Nsir : « Étude expérimentale et numérique de la migration de polluants non miscibles dans un milieu poreux saturé à l'échelle de Darcy ». Directeur de thèse : Gerhard Schäfer, Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg.

27 novembre 2009, Carine Heitz : « La perception du risque de coulées boueuses : analyse sociogéographique et apports à l'économie comportementale ». Directeurs de

thèse : Sandrine Spaeter, Bureau d'Étude Théorique et Appliquée et Sandrine Glatron, Laboratoire Image Ville Environnement.

27 novembre 2009, Nathalie Dumax : « Les mesures de compensation: un indicateur du coût environnemental ». Directeur de thèse : Anne Rozan, Bureau d'Étude Théorique et Appliquée.

18 novembre 2009, Damien Ertlen : « Archivage pédologique et dynamiques environnementales : mise au point d'une méthode de reconnaissance des paléovégétations fondée sur l'analyse spectroscopique dans le proche infrarouge (SPIR) des matières organiques de sols et paléosols ». Directeur de Thèse : Dominique Schwartz, Laboratoire Image Ville Environnement.

24 octobre 2009, Mireilla Nader : « Étude du transporteur FpVA impliqué dans le transport de la pyoverdine ferrique à travers la membrane externe chez *Pseudomonas aeruginosa* ». Directeur de thèse : Isabelle Schalk, Institut de Recherche de l'École de Biotechnologie de Strasbourg.

Les éco-entreprises visitent les laboratoires

Deux visites de Laboratoires du réseau REALISE ont été organisées en collaboration avec le réseau des Éco-entreprises de la Chambre de Commerce et d'industrie de Colmar. La première, le 21 janvier au Laboratoire des Matériaux, Surfaces et Procédés pour la Catalyse et la deuxième le 26 avril au Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg. Les représentants d'entreprises ont pu ainsi se rendre compte des activités de recherche de ces laboratoires et s'entretenir avec les chercheurs à propos des questions scientifiques qu'ils rencontrent. Cette initiative sera reconduite à l'automne.



© M.-A. Moser

REALISE
<http://realise.u-strasbg.fr>

Directeur de Publication : François Chabaux
Rédaction : Marie-Claire Lett, Frédéric Masson,
Maurice Millet, Marie - Ange Moser
PAO : Marie - Ange Moser