



Réseau REALISE

10 ans de Recherche en
environnement en Alsace

2003-2013



Bilan du Réseau REALISE 2003-2013

Directeur de Publication : François Chabaux

Coordination, conception et réalisation : Marie-Ange Moser (Réseau REALISE)

Ont participé à la rédaction :

Philippe Ackerer (LHyGeS), Pierre Adam (LBM), Dominique Begin (ICPEES), Nadège Blond (LIVE/EPAC), Jean-François Brillhac (GRE), Marie-Pierre Camproux-Duffrene (SAGE/CDES), François Chabaux (LHyGeS/GICE), Alain Clappier (LIVE/EPAC), Mireille Del Nero (IPHC), Mourad Elhabiri (LCBM), Valérie Geoffroy (IREBS), Didier Hauglustaine (LIVE/EPAC), Gwenaël Imfeld (LHyGeS/TREHA), Laurence Jouniaux (IPGS), Manon Kohler (LIVE/EPAC), Stéphane Le Calvé (ICPEES/LPCA), Damien Lemarchand (LHyGeS/GICE), Marie-Claire Lett (GMGM/EMMO), Dasaraden Mauree (LIVE/EPAC), Colette Méchin (LCSE), Maxence Mendez (LIVE/EPAC), Maurice Millet (ICPEES/LPCA), Marie-Ange Moser (REALISE), Marie-Claire Pierret (OHGE), Cuong Pham Huu (ICPEES), Jean-Luc Ponche (LIVE/EPAC ; ICPEES/LPCA), Anne Rozan (GESTE et BETA), Gerhard Schäfer (LHyGeS/TREHA), Anne-Désiré Schmidt (LHyGeS/GICE), Renaud Toussaint (IPGS), Richard Valorso (LIVE/EPAC), José Vazquez (ICube), Stéphane Vuillemier (GMGM/AIME), Christiane Weber (LIVE)

REALISE, 1 rue Blessig, 67084 STRASBOURG Cedex
Site web : realise.unistra.fr

Imprimée au Service imprimerie et reprographie de l'UdS

Mai 2014

Ce document présente le bilan du Réseau Alsace de Laboratoires en Ingénierie et Sciences pour l'Environnement (REALISE) financé par deux Contrats de Projet Etat-Région (CPER) consécutifs (2000-2006 et 2007-2014).

Lors de sa création, la mission dévolue au réseau par les partenaires institutionnels et scientifiques était de faire émerger une structuration de la recherche en environnement en Alsace tout en renforçant le potentiel et le dynamisme scientifiques des laboratoires. L'objectif principal était de construire un socle de compétences et d'expertises scientifiques mobilisables pour répondre aux questions environnementales régionales et nationales, et ouvert aux partenaires du monde socio-économique.

La mise en réseau des laboratoires, idée ou principe sur lequel repose le réseau REALISE, était une manière simple et efficace pour renforcer la mise en place de travaux entre chercheurs et équipes scientifiques qui bien souvent se connaissaient peu car relevant de disciplines différentes, alors que la complexité des problématiques environnementales nécessite le développement de travaux interdisciplinaires. Il s'agissait néanmoins d'un pari : très peu de structures de ce type existaient dans le monde académique en France et ailleurs - la réussite de REALISE était loin d'être assurée.

Aujourd'hui, après plus de 11 années d'activité, nous avons, il nous semble, démontré la pertinence de cette structure de fonctionnement en réseau, souple et facilement évolutive, pour renforcer les compétences scientifiques des laboratoires alsaciens en sciences de l'environnement et faire naître de nouveaux projets et orientations scientifiques, certains conduisant à l'émergence de nouveaux laboratoires.

Les moyens financiers apportés au réseau par les deux CPERs ont conduit à une modernisation en profondeur des laboratoires membres du réseau REALISE, leur permettant aujourd'hui d'être au meilleur niveau international dans leurs disciplines. Le réseau, par son animation, a su faire naître des collaborations solides entre les équipes partenaires. La dynamique ainsi créée a renforcé très fortement l'attractivité de nos équipes, comme l'atteste s'il le fallait, le nombre croissant de post-doctorants et chercheurs invités venus du monde entier, ou encore l'obtention de contrats avec de nombreux partenaires nationaux et internationaux, issus du monde scientifique mais aussi du monde socio-économique (entreprises, pôles de compétitivité, EPIC, EPA, collectivités territoriales, associations, etc.).

Le réseau, et cela constitue certainement une autre preuve de son succès, a vu le nombre de ses laboratoires membres considérablement évoluer depuis son origine, passant de 11 unités de recherche en 2003 à 18 en 2007, avec des laboratoires plus importants, ayant associé de nouvelles équipes, et la constitution de nouveaux laboratoires ((LHyGeS, ICube et LIVE en particulier) issus des rapprochements entre équipes au sein de REALISE.

Le réseau REALISE est certainement l'un des rares projets opérationnels du CPER dans lequel Sciences Humaines et Sociales et sciences dites « exactes » sont impliquées et travaillent en synergie pour conduire à des innovations de diverses natures (technologie, usage, organisation). Le soutien aux Sciences Humaines et Sociales, par des financements d'enquêtes de terrain, a permis aux équipes de renforcer leurs compétences, et leur appartenance au réseau a offert une meilleure visibilité à leurs travaux.

Le réseau REALISE est ainsi devenu un outil et un acteur remarquable de la structuration et de la politique scientifique de la recherche en environnement en Alsace. Il a créé une véritable dynamique entre les différents acteurs du réseau qui ne peut que favoriser un renforcement des

collaborations communes dans les années à venir. Notre communauté est aujourd'hui prête et mûre pour s'investir dans de nouvelles thématiques, dont beaucoup sont en phase avec les attentes de la société et les demandes du monde socio-économique, telles que la transition énergétique (nouvelles énergies, transport plus propre et plus économe), les nouveaux matériaux respectueux d'une gestion sobre des ressources, incluant le développement de nouvelles technologies de dépollution, ou encore l'étude des risques naturels et anthropogéniques. Notre communauté est mûre aussi pour s'organiser au sein d'une nouvelle structure qui saura concilier le besoin ressenti aujourd'hui d'avoir une plus grande visibilité institutionnelle du réseau tout en lui conservant sa souplesse de fonctionnement qui est un véritable atout. Nul doute, à la lumière des réussites passées, que nous saurons relever ce nouveau challenge.

Nous proposons, dans ce document, de donner un aperçu le plus complet possible de l'ensemble des opérations qui ont pu être menées au cours de ces deux CPERs par le réseau REALISE, et des principaux effets induits pour la communauté. Le document est structuré en cinq parties. Les deux premières présentent les résultats scientifiques obtenus et les effets induits pour chaque équipe ou laboratoire, par son appartenance au réseau et les équipements acquis grâce aux deux CPERs. L'interdisciplinarité et les interactions avec le monde socio-économique, qui illustrent l'aspect dynamique du réseau et son apport à la société, font l'objet des deux chapitres suivants. Enfin, le bilan ne serait pas complet sans la présentation des thèses et publications, qui représentent l'activité scientifique des laboratoires, et sont un des éléments majeurs de l'évaluation de la qualité scientifique des équipes de recherche par leurs paires.

Si ce bilan s'adresse au premier chef à nos tutelles scientifiques (UdS, UHA et CNRS) et aux financeurs des deux CPERs, il sera, nous en sommes convaincus, des plus utiles pour tous les laboratoires du réseau et nos interlocuteurs du monde socio-économique qui pourront se rendre compte de la palette d'activités du réseau REALISE.

Nous souhaitons, au nom de l'ensemble des acteurs du réseau REALISE, remercier très sincèrement l'ensemble des financeurs des deux CPERs qui nous ont soutenus au cours de ces 11 années : la Région Alsace, le Conseil Général du Bas-Rhin, le Conseil Général du Haut Rhin, la Communauté Urbaine de Strasbourg et Mulhouse Alsace Agglomération, ainsi que le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche par le biais de la Délégation Régionale à la Recherche et la Technologie Alsace, sans oublier l'Université de Strasbourg via les PPF et Actions Structurantes, ni le CNRS qui a soutenu plusieurs des actions phares du réseau. Sans ces soutiens financiers, l'attractivité de nos laboratoires n'aurait pas atteint le niveau actuel et tous les effets induits par l'acquisition d'équipements de pointe n'auraient pas pu voir le jour. Et enfin, les équipes scientifiques du réseau REALISE ne seraient pas armées pour répondre aux questions environnementales qui représentent un des grands défis de notre société du XXI^e siècle.

François Chabaux
Coordinateur (2003/14) du réseau REALISE

Marie-Ange Moser
Chargée de mission

SOMMAIRE

Le réseau REALISE	p 1
Le réseau REALISE en quelques chiffres	p 3
Les laboratoires et équipes membres du réseau REALISE de 2007 à 2014	p 4
Les résultats scientifiques et effets induits par l'appartenance des laboratoires au réseau REALISE	p 5
AXE 1	
<i>La dynamique et les processus de transferts dans les écosystèmes et hydrosystèmes continentaux</i>	p 6
Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (LHyGeS)	
- Equipe «Géochimie Isotopique et Chimie de l'Environnement»	p 7
- Équipe «Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés»	p 15
Institut de Physique du Globe de Strasbourg	
- Equipes «Géophysique Expérimentale»et « Dynamique Globale et Déformation Active »	p 21
Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST)	
- Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement (OHGE)	p 26
Institut Interdisciplinaire Hubert Curien (IPHC)	
- Equipe de Radiochimie	p 32
Institut de Chimie de Strasbourg	
- Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire	p 37
AXE 2	
<i>Les risques naturels et anthropiques</i>	p 41
Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie (ICube)	
- Institut de Mécanique et Environnement - projet «Hydraulique Urbaine»	p 42
Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé (ICPEES)	
- Equipe «Physico-Chimie de l'Atmosphère»	p 46
Laboratoire Image Ville Environnement (LIVE)	
- Equipe EPAC « Energie, Pollution de l'Air et Climat »	p 52
AXE 3	
<i>La prévention des pollutions et les procédés de remédiation, catalyse, environnement et énergies nouvelles</i>	p 56
Laboratoire Gestion des Risques et Environnement (GRE)	p 57
Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé (ICPEES)	p 63
Génétique Moléculaire Génomique Microbiologie» (GMGM)	
- Equipe «Adaptations et Interactions Microbiennes dans l' Environnement»	p 68
Institut de Recherche de l'Ecole de Biotechnologie- Laboratoire de Biotechnologie et signalisation cellulaire	
- Equipe « Transports membranaires bactériens »	p 73
Laboratoire de Chimie Moléculaire	
- Equipe de Chimie Bio(In)organique et Médicinale	p 79

AXE 4

Les enjeux environnementaux et la politique territoriale

p 84

Bureau d'Economie Théorique Appliquée (BETA)

- Equipe «Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement» (GESTE-ENGEES)

p 85

Laboratoire Société, Acteurs, Gouvernement en Europe (SAGE)

- Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg

p 87

Laboratoire de Cultures et Sociétés en Europe (LCSE)

et

Laboratoire Société, Acteurs, Gouvernement en Europe (SAGE)

p 89

Laboratoire Image Ville Environnement (LIVE)

p 90

Les équipements acquis dans le cadre des CPERs REALISE depuis 2003

p 93

L'interdisciplinarité

p 125

Collaborations entre laboratoires ou équipes du réseau grâce aux équipements acquis par le CPER REALISE

p 126

Interdisciplinarité au sein des Sciences Humaines et Sociales

p 129

Contrats de Recherche obtenus grâce à la collaboration entre laboratoires ou équipes du réseau et aux équipements acquis par le CPER REALISE

p 130

Thèses et Publications communes à au moins deux laboratoires ou équipes du réseau REALISE

p 134

Les interactions avec le monde socio-économique

p 141

Travaux de recherche en lien avec des structures dédiées à l'innovation

- Programmes d'Investissement d'Avenir

p 142

- Contrats de recherche dans lesquels des entreprises sont impliquées

p 142

- Contrats de recherche dans lesquels des Etablissements Publics à caractère Industriel et Commercial sont impliqués :

p 146

- Contrats de recherche dans lesquels d'autres structures sont impliquées

p 147

- Partenariats et contrats avec des Pôles de compétitivité et autres structures liées à l'innovation et au transfert de technologie

p 149

Brevets déposés

p 151

Création de deux start-up par des laboratoires du réseau REALISE

p 152

Lauréats ou prix de distinction honorifique liés à l'innovation

p 153

Convention avec le réseau des éco-entreprises d'Alsace

p 154

Les Thèses et publications

p 155

Les thèses en cours

p 156

Les thèses soutenues depuis 2003

p 161

Les publications depuis 2003

p 175

Le réseau REALISE

Le REseau Alsace de Laboratoires en Ingénierie et Sciences pour l'Environnement (REALISE) a été créé en 2000, lors de la mise en place du CPER 2000-2007, en réponse à la volonté exprimée par les collectivités et les Universités alsaciennes de renforcer la structuration de la recherche en environnement en Alsace tout en développant le potentiel scientifique des laboratoires. La mise en place du réseau s'est appuyée sur les acquis et l'expérience de l'Institut Franco-Allemand de Recherche sur l'Environnement (IFARE), en s'ouvrant à de nouvelles thématiques et équipes.

La structuration du réseau s'est construite autour de thématiques environnementales d'intérêt pour la région Alsace, notamment les thématiques touchant au fonctionnement et aux perturbations de l'hydrosystème rhénan, ainsi qu'au développement de méthodes de remédiation. L'analyse du fonctionnement d'un tel système naturel requiert une mise en commun de compétences scientifiques très différentes pour caractériser et quantifier les synergies et couplages dont il est le siège. Cela passe par le développement d'une recherche académique de qualité dans les différentes disciplines concernées. Cela nécessite aussi le développement de l'interdisciplinarité comme méthode de travail pour aborder des problématiques environnementales qui sont par définition complexes.

La politique du réseau REALISE a été ainsi marquée, dès son origine, par une double volonté de faire interagir au sein d'une même communauté scientifique des recherches centrées sur les problématiques environnementales à caractère plutôt mono-disciplinaire avec des recherches fortement interdisciplinaires. Cette politique s'est poursuivie au cours de ces 11 années avec une évolution progressive du contour et des thématiques scientifiques du réseau REALISE.

Constitué de 11 unités de recherche et 14 équipes en 2003, REALISE est passée à 18 unités de recherche et 23 équipes en 2007. En 2014, le réseau REALISE regroupe ainsi la plupart des laboratoires alsaciens travaillant dans le domaine de l'environnement et réunit plus 150 chercheurs issus de 26 équipes rattachées à 18 unités de recherche différentes.

Ces unités de recherche appartiennent aux principales structures scientifiques de la région : Université de Strasbourg, Université de Haute Alsace, CNRS et Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg. Du point de vue de la tutelle CNRS, les laboratoires de REALISE sont rattachés aux Instituts suivants : l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU), l'Institut Ecologie et Environnement (INEE), l'Institut de Chimie (INC), l'Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3), l'Institut des Sciences Biologiques (INSB), l'Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes (INSIS) et l'Institut des Sciences Humaines et Sociales (INSH).

Les laboratoires du réseau REALISE mobilisent à la fois des sciences dites «exactes» et des Sciences Humaines et Sociales. Dès l'origine, les équipes scientifiques ont mis en commun leurs compétences et leur savoir-faire pour aborder des thématiques interdisciplinaires, essentiellement centrées sur l'évaluation de l'impact des activités humaines sur l'eau, l'air et les sols. Ils proposent des applications issues de leurs résultats, des méthodes de prévention et de remédiation développées pour réduire ou remédier aux nuisances que peuvent créer ces impacts. Les comportements individuels et collectifs face aux changements actuels et à venir vis-à-vis de l'environnement ont fait l'objet d'études des SHS

pour s'assurer de l'adéquation entre la mise en œuvre de ces changements et les attentes de la société.

Pour le CPER 2007-2014, les opérations de recherche du réseau REALISE ont été structurées en 4 grands axes prioritaires touchant aux problématiques environnementales régionales :

- Dynamique et processus des transferts dans les écosystèmes et hydrosystèmes continentaux,
- Risques naturels et anthropiques,
- Prévention des pollutions, procédés de remédiations, catalyse, environnement et énergies nouvelles,
- Enjeux environnementaux et politique territoriale.

Si le réseau a d'abord été construit autour d'une réflexion scientifique pluridisciplinaire, il avait aussi pour but de développer une culture d'ouverture au monde, une culture de partenariat visant *in fine* à transférer les acquis et les résultats de la recherche bien au-delà du contexte académique traditionnel. Ce fut le cas par des partenariats avec le Biopôle de Colmar, le CRITT Rittmo, les pôles de compétitivité régionaux (HYDREOS, Energivie, Véhicule du futur, fibres) et de nombreux contrats avec des acteurs du monde socio-économique et des collectivités territoriales. Ces acquis se sont traduits également par des dépôts de Brevets et la création de deux start-up (Biowind et In'Air Solutions).

A l'échelle européenne, le réseau REALISE est devenu la porte d'entrée des collaborations avec les autres équipes du Rhin supérieur (Karlsruhe, Fribourg, Bâle). Plusieurs projets sont menés dans le cadre d'INTERREG (projet « Phytoret » sur l'étude du potentiel des zones humides artificielles dans le traitement des pesticides, du 7^{ème} Programme Cadre de Recherche et Développement (SOILTREC sur la transformation des sols, APRAISAL sur l'appui scientifique à la mise en place d'une nouvelle Directive sur la qualité de l'air) ou encore du FEDER (impact des produits phytosanitaires sur les eaux souterraines). Bien d'autres projets européens sont menés dans le domaine de la catalyse, des risques naturels, de la pollution des eaux de surface et souterraines.

Sur la base du projet INTERREG «OUI-BIOMASSE», en cours et co-financé par l'Offensive Sciences de la Région Métropolitaine Trinationale du Rhin supérieur, plusieurs chercheurs de REALISE participent de façon active aux réflexions préalables à la création d'un Institut de Recherche Environnementale du Rhin Supérieur (IRR) à l'initiative de l'Institut de Technologie de Karlsruhe (KIT). L'IRR a pour objectif de fédérer les compétences dans le domaine de la recherche environnementale à l'échelle de la Région du Rhin supérieur.

Au niveau des moyens, le réseau a été inscrit dans deux CPERs consécutifs, et a bénéficié des Plan Pluri-Formation puis des Actions Structurantes de l'Université de Strasbourg. Ces aides ont constitué un effet levier déterminant pour l'obtention de nombreux contrats scientifiques.

Le réseau REALISE en quelques chiffres

En 2014 :

- ◆ 18 UMR et EA et 26 équipes

Les laboratoires ont évolué depuis le début du premier CPER, certains ont été scindés et leurs équipes ont fusionné avec d'autres laboratoires, d'autres ont accueilli de nouvelles équipes ou ont totalement fusionné pour ne faire qu'une seule entité en janvier 2013.

- ◆ 155 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents
- ◆ 57 thèses en cours

De 2007 à 2013

129 **thèses** soutenues dont 12 communes entre deux laboratoires

531 **Publications à Comité de Lecture** dont 57 communes à au moins deux laboratoires

13 **brevets** déposés

2 **start-up** créées par des laboratoires du réseau

Contrats de Recherche

- ◆ 16 contrats ANR
- ◆ 5 Programmes d'Investissement d'Avenir
- ◆ 14 contrats Européens
- ◆ 4 contrats avec des structures liées à l'innovation
- ◆ 19 contrats impliquant des entreprises
- ◆ 15 contrats impliquant des Etablissements Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC)
- ◆ 12 contrats impliquant des collectivités territoriales, des Etablissements Public à Caractère Administratif (EPA) et des Associations chargées de la surveillance de la qualité de l'environnement
- ◆ 44 subventions d'Etat sur programmation des Instituts Scientifiques

Sur l'ensemble de ces contrats, 22 sont communs à au moins deux équipes ou laboratoires du réseau REALISE

Aspects financiers

CPER 2007-2014

CPER équipements et enquêtes SHS : 3 487 622 €

CPER fonctionnement (salaire de la chargée de mission de 2007 à 2010) : 165 000 €

Total financement CPER : 3 652 622 €

Total PPF 2007 à 2009 : 282 540 € TTC

Total des **Actions Structurantes** de 2010 à 2012 : 248 440 TTC

Apport financier des contrats de 2007 à 2013 : 12 238 141 €

Les laboratoires et équipes membres du réseau REALISE de 2007 à 2014

- Bureau d'Économie Théorique et Appliquée, UMR 7522 CNRS-UdS-Nancy-Université
- Centre du Droit de l'Environnement de Strasbourg, EA 3996 UdS, intégré au Laboratoire Société, Acteurs, Gouvernement en Europe (SAGE), UMR 7363 CNRS-UdS, en 2013
- Centre de Recherche et d'Etude en Sciences Sociales (CRESS, EA 1334), intégré au Laboratoire Société, Acteurs, Gouvernement en Europe (SAGE), UMR 7363 CNRS-UdS, en 2013
- Ecole Supérieure de Biotechnologie de Strasbourg, Laboratoire « Biotechnologie et signalisation cellulaire », UMR 7242 CNRS-UdS, Equipe « Transports membranaires bactériens »
- « Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie », UMR 7156 CNRS-UdS, Département «microorganismes, génomes, environnement», Equipe « adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement», et Equipe « Ecophysiologie moléculaire des micro-organismes »
- GESTE (Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement), UMR IRSTEA-ENGEEES, Strasbourg
- Institut de Chimie de Strasbourg, UMR 7117 CNRS-UdS, Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire,
- Institut de Mécanique des Fluides et des Solides, UMR 7537, CNRS-UdS-ENGEEES, Equipe « systèmes hydrauliques urbains », intégré au Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie (ICube), UMR 7357 UdS-CNRS, en 2013
- Institut de Physique du Globe de Strasbourg, UMR 7516 CNRS-UdS, Equipe « Géophysique Expérimentale » et Equipe « Dynamique Globale et Déformation Active »
- Laboratoire de Chimie Moléculaire, UMR 7509 CNRS-UdS, Equipe de Chimie Bio(In)organique et Médicinale
- Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, UMR 7178 CNRS-UdS, Département de recherche subatomique, Equipe de Radiochimie
- Laboratoire de Cultures et Sociétés en Europe, UMR 7236 CNRS-UdS
- Laboratoire « Gestion des Risques et Environnement », EA 2334 UHA
- Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, UMR 7517 CNRS-UdS, Equipe « Processus Elémentaires et Modélisation» et Equipe « Géochimie Isotopique et Chimie de l'Environnement »
- Laboratoire « Image, Ville, Environnement», UMR 7362 CNRS-UdS
- Laboratoire des Matériaux, Surfaces et Procédés pour la Catalyse, UMR 7515 CNRS-UdS, devenu Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé, en 2013
- Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement, UMS 830 CNRS-UdS
- Unité de pneumologie, d'allergologie et de pathologies respiratoires de l'environnement, Hôpitaux Universitaire de Strasbourg

Les résultats scientifiques et effets induits par l'appartenance des laboratoires au réseau REALISE

Les résultats scientifiques obtenus par les équipes de REALISE au cours des deux CPERs ont largement profité de la modernisation des équipements et des nouvelles collaborations entre équipes permises par la politique scientifique du réseau. Ces résultats ont contribué à l'avancée des connaissances sur des problématiques environnementales majeures, telles que la constitution et la protection de la ressource en eau, la pollution des sols, la pollution atmosphérique intérieure et extérieure, les procédés de remédiation, les nouvelles énergies, la préservation de la biodiversité, les risques naturels sans oublier les comportements des populations face aux problématiques environnementales, étudiés par les Sciences Humaines et Sociales notamment.

Au cours du dernier CPER, les opérations de recherche du réseau ont été structurées en 4 grands axes prioritaires touchant aux problématiques environnementales régionales :

- Dynamique et processus des transferts dans les écosystèmes et hydrosystèmes continentaux
- Risques naturels et anthropiques
- Prévention des pollutions, procédés de remédiations, catalyse, environnement et énergies nouvelles
- Enjeux environnementaux et politique territoriale

Les travaux menés dans ces quatre axes scientifiques se placent dans un cadre européen, que ce soit en termes de sites d'études, de collaborations ou d'implications scientifiques.

Chaque équipe, du fait de son appartenance au réseau, des équipements acquis ou des projets initiés via les financements de REALISE, a pu bénéficier d'effets induits, que ce soit en termes de collaborations avec d'autres partenaires scientifiques du réseau ou externes, de l'accueil de post-doctorants et de chercheurs invités venus d'universités ou de centres de recherche nationaux ou étrangers, de contrats obtenus avec des partenaires très variés, tels que des entreprises, des Etablissements Publics à caractère Industriel et Commercial (EPIC), des collectivités territoriales ou dans le cadre d'appels d'offres scientifiques (Agence Nationale de la Recherche, etc.) ou encore de subventions d'Etat sur programmations des organismes scientifiques.

Même s'il est difficile d'être exhaustif dans l'établissement de tous les effets induits par l'appartenance au réseau REALISE, il apparaît, sur la base des informations collectées et validées, que ces effets sont majeurs pour l'ensemble des équipes du réseau et qu'en moyenne 1 euro investi par le CPER REALISE de 2007 à 2014 a rapporté aux équipes un peu plus de 3 euros sous forme de contrats, permettant de financer des thèses et des post-doctorats, de co-financer de gros équipement et de couvrir une partie des frais de fonctionnement.

Le réseau REALISE est souvent l'interlocuteur de structures dédiées à l'innovation (pôles de compétitivités, CRITTs, etc.) et des éco-entreprises régionales (réseau des éco-entreprises de la CCI d'Alsace). Il joue le rôle d'intermédiaire pour le rapprochement entre les deux mondes académique et socio-économique.

AXE 1

La dynamique et les processus de transferts dans les écosystèmes et hydrosystèmes continentaux

Cet axe a peu évolué quant à sa thématique au cours des deux CPERs 2000-2006 et 2007-2013. Il a pour objectifs d'observer, comprendre, modéliser le fonctionnement des hydrosystèmes et leur évolution dans le temps, ainsi que leur vulnérabilité face aux activités humaines.

Les recherches proposées initialement dans le cadre de cet axe prolongeaient, en les élargissant, les efforts menés par les laboratoires, regroupés en partie au sein de l'Institut Franco-Allemand de Recherche sur l'Environnement (IFARE), sur la compréhension du fonctionnement des hydrosystèmes rhénans (bassins vosgiens et nappe phréatique), et sur leur sensibilité aux activités humaines. Ces activités, menées dès leur origine dans le contexte de coopérations franco-allemandes, restent une priorité du réseau, aujourd'hui ouvertes à de nouvelles équipes.

Ces recherches dépassent la simple caractérisation et modélisation hydrologique et incluent largement l'aspect bio-géo-chimique des transferts. Ceci implique la détermination de la spéciation des éléments en solution, mais aussi et surtout, la détermination des interactions qui se produisent dans le milieu naturel, entre les éléments chimiques en solution et les composés minéraux et organiques, qu'ils soient sous forme particulaire ou colloïdale.

Des efforts particuliers portent actuellement sur les effets de la matière organique et des organismes vivants sur les transferts dans le système « eau-sol-plante », la vulnérabilité de la ressource en eau face aux polluants spécifiques (métaux lourds, pesticides, hydrocarbures,...), sans oublier la prévision des effets des variations climatiques attendues sur les hydrosystèmes et les écosystèmes.

Les laboratoires et équipes impliqués dans l'axe 1 lors du CPER 2007-2013 sont les suivants :

- Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (LHyGeS) - UMR 7517 Uds-CNRS
 - Équipe «Géochimie Isotopique et Chimie de l'Environnement» (GICE)
 - Équipe «Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés» (TREHA)
- Institut de Physique du Globe de Strasbourg (IPGS) - UMR 7516 Uds-CNRS
 - Équipe «Géophysique Expérimentale» (GE)
 - Équipe « Dynamique Globale et Déformation Active » (DGDA)
- Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement (OHGE) de l'Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre - UMS 830 Uds-CNRS
- Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC) - UMR 7178 LC4 Uds-CNRS
 - Équipe de Radiochimie
- Institut de Chimie de Strasbourg - UMR 7177 Uds-CNRS
 - Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire

Directeur du Laboratoire de 2009 à 2013 : Phillipe Ackerer (DR CNRS)

Directeur du Laboratoire depuis 2013 et responsable de l'équipe : François Chabaux (PU UdS)

Membres de l'équipe : René Boutin (IR CNRS), Isabelle Combroux (MdC UdS), Sophie Gangloff (AI CNRS), François Gauthier-Lafaye (DR CNRS), Corine Grac (IAE ENGEES), Mathieu Granet (IR UdS), Damien Lemarchand (MdC UdS), Eric Pelt (IR CNRS), Thierry Perrone (AI CNRS), Marie-Claire Pierret (Phys.A. UdS), Sophie Rihs (MdC UdS), Anne-Désirée Schmidt (MdC Univ. Besançon, en détachement EOST, 2012-2014), Peter Stille (DR CNRS), Michèle Trémoières (PU UdS), Daniel Viville (CR CNRS) et Tiphaine Weber (MdC UdS).

Les résultats scientifiques

Orientations principales, renforcements thématiques basés notamment sur les gros équipements financés par REALISE

L'étude des mécanismes et des constantes de temps des processus qui contrôlent la formation des sols, l'altération des roches et, *in fine*, la qualité des eaux, est indispensable si l'on veut comprendre, et à terme modéliser, l'évolution du milieu naturel en réponse aux modifications liées à l'activité humaine. Cette dernière est en effet devenue un facteur majeur de modification de l'environnement dont l'effet, à moyen et long terme, reste aujourd'hui à évaluer correctement, qu'il s'agisse des modifications liées au changement d'occupation des sols (urbanisation forte des surfaces continentales, changement des pratiques agricoles et sylvicoles), aux rejets de polluants dans l'environnement ou aux effets du changement hydro-climatique annoncé.

C'est dans cette problématique générale que l'équipe de géochimie isotopique et de chimie de l'environnement s'est investie au sein du LHyGeS et du réseau REALISE au cours de ces dix dernières années, en se focalisant sur le développement d'outils isotopiques pour aborder ces questions.

Trois orientations majeures ont ainsi été prises :

- le développement d'outils isotopiques nouveaux (ce qui est appelé dans le jargon géochimique, les nouveaux « isotopes stables ») pour évaluer les sources et voies de transferts des nutriments dans les eaux, les sols et les plantes. L'équipe de Strasbourg devient ainsi un des laboratoires de référence pour l'utilisation de ces nouveaux isotopes dans l'environnement. Après un effort pour développer l'analyse des isotopes du calcium, du bore et du lithium, l'équipe de Strasbourg s'attelle aujourd'hui à l'étude des isotopes du silicium, du cuivre et du zinc, ces deux derniers étant importants pour la compréhension des voies de transferts des polluants dans l'environnement,

- l'application des méthodes de traçage isotopique pour caractériser la source des dépôts atmosphériques dans les sols et y quantifier la part des aérosols d'origine anthropique (combustion des essences, émissions industrielles ou agricoles, etc.) avec une étude spécifique de la zone urbaine de Strasbourg-Kehl,

- la caractérisation des constantes de temps des processus de formation et d'érosion des sols (altération au sens large) et des transferts de sédiments dans les hydrosystèmes continentaux. L'équipe a acquis aujourd'hui une réputation internationale dans ce domaine, grâce au développement de l'utilisation de ce qui est appelé les « déséquilibres radioactifs » (^{238}U - ^{234}U - ^{230}Th - ^{226}Ra puis plus récemment ^{232}Th - ^{228}Ra - ^{228}Th).

Les principaux résultats et avancées scientifiques

1- Traçage des cycles bio-géochimiques par les isotopes du calcium, du bore et du lithium

L'équipe de géochimie isotopique et chimie de l'environnement s'est impliquée fortement sur la question des interactions existant entre l'altération des minéraux et les activités biologiques, en cherchant à répondre aux questions suivantes : quel est l'impact de la végétation sur le cycle des éléments et sur les transferts de matière à l'échelle d'un bassin versant ? Par quels mécanismes les micro-organismes participent-ils effectivement à l'altération des minéraux et quelle est la part supplémentaire d'altération qu'ils induisent ? Quelle est la part des nutriments assimilés par la plante qui provient du stock bio-disponible contenu dans les solutions de sol ou adsorbés sur les sols, et la part des nutriments qui provient de l'altération directe des minéraux, dont le transfert dans la plante a court-circuité les réservoirs précédents ?

Ces questions sont autant de verrous scientifiques qu'il reste à lever si on veut pouvoir modéliser correctement et donc prédire l'évolution des écosystèmes en réponse aux perturbations anthropiques actuelles (pollutions, climat). Pour cela, il est nécessaire de développer des outils quantitatifs spécifiques capables d'élucider la nature, les moteurs, ainsi que les bilans des réactions mises en jeu. Une des voies possibles est de développer des approches bio-minéralogiques et de les coupler au développement d'outils géochimiques spécifiques, en particulier isotopiques, sensibles à la fois aux réactions minérales et biologiques. C'est à cet objectif général que contribue une partie des recherches menées ces dernières années au LHyGeS dans le cadre du réseau REALISE.

Ces études ont été menées à deux niveaux :

(1) étude détaillée de sites expérimentaux naturels, notamment le site observatoire du Strengbach (Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement), pour évaluer l'amplitude des variations susceptibles d'affecter des tra-

ceurs potentiellement intéressants pour le suivi des transferts dans le système «eau-sols-plantes» et pour donner une première interprétation de l'origine de ces variations, (2) études expérimentales en milieu contrôlé pour mieux isoler l'effet des mécanismes élémentaires affectant les variations des traceurs isotopiques dans les écosystèmes forestiers.

Ces études se sont intéressées au potentiel des isotopes du calcium (Ca), du bore (B) et du lithium (Li). Les deux premiers éléments sont présents dans les différents minéraux du sol ; ils sont indispensables au développement de la biomasse et leurs systèmes isotopiques sont fractionnés lors des transferts des minéraux aux végétaux en passant par les solutions de sol. Le lithium, quant à lui, à la différence du calcium et du bore, n'est quasiment pas assimilé par les plantes. Sa mobilisation se limite aux interactions eau/roche à travers lesquelles il subit d'importants fractionnements isotopiques. Il est donc un complément intéressant des deux premiers traceurs en n'apportant qu'une vision « minérale » dé耦plée des flux associant une activité biologique.

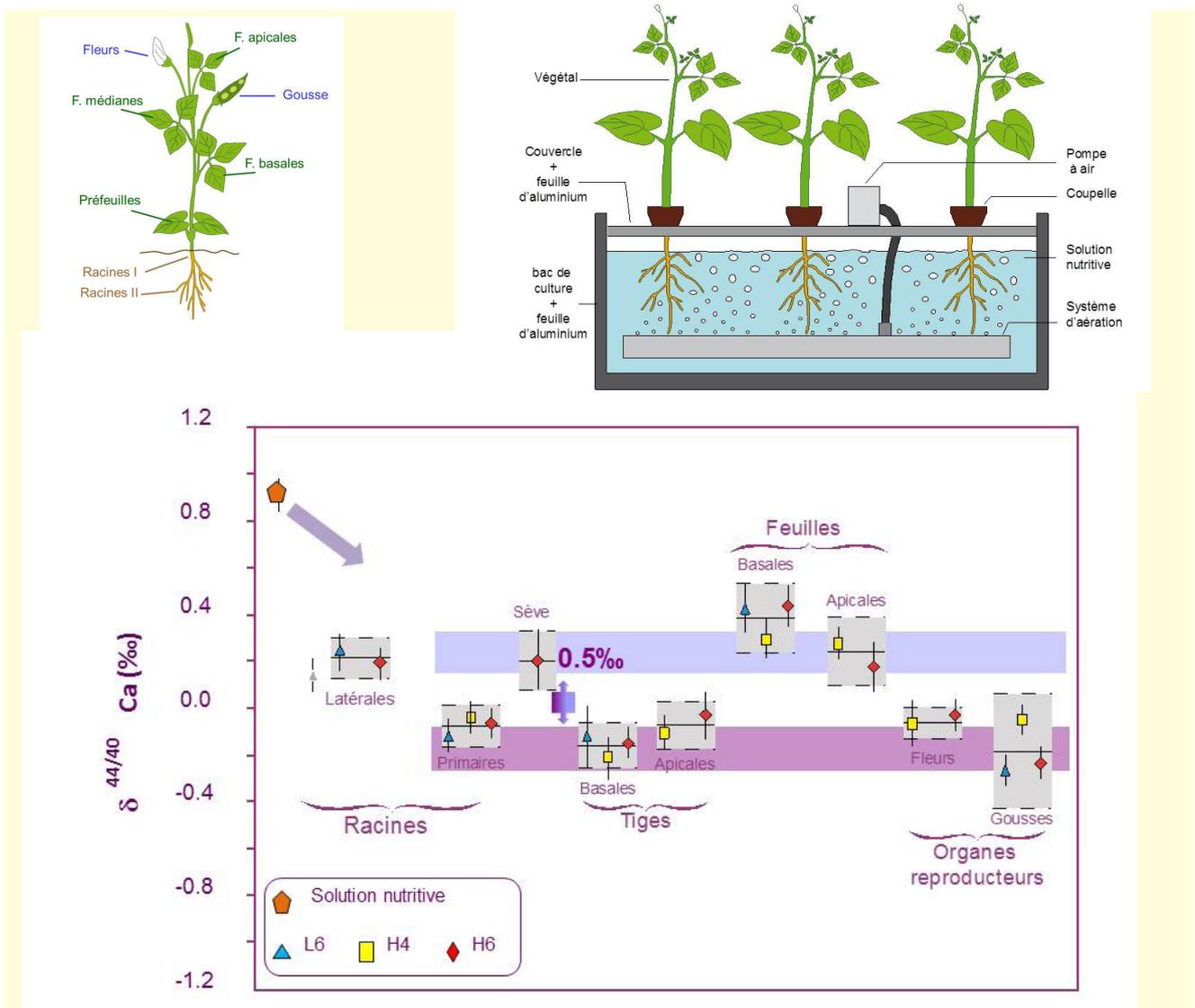


Figure 1 : Expérimentation sur culture hydroponique pour caractériser la localisation des zones de fractionnement des isotopes du calcium par les plantes (F. Cobert, A.-D. Schmidt, P. Stille, 2011)

Les résultats obtenus sur site naturel durant nos études ont confirmé que la végétation n'était pas un réservoir significatif pour le lithium, légitimant son utilisation en tant que traceur spécifique des réactions d'altération du sol, principalement du taux relatif entre dissolution des minéraux primaires et précipitation des minéraux secondaires (Lemarchand et al. 2010). La répartition des isotopes du calcium est, quant à elle, essentiellement influencée par les processus liés au prélèvement par la végétation et à la précipitation des minéraux secondaires ou par le piégeage du calcium par les phases colloïdales des sols. L'influence relative de ces deux paramètres est assez contrastée selon le climat, comme le montre la comparaison de résultats obtenus sur le site du Strengbach et sur un site sibérien (Cenki-Tok et al., 2009 ; Bagard, 2010 ; Bagard et al., 2013 ; Schmidt et al., 2003). Enfin, les résultats obtenus sur les isotopes du bore ont montré des variations très importantes de leur répartition entre le compartiment végétal et les minéraux du sol, tout en démontrant un effet important des interactions eaux/roches (Cividini, 2009 ; Cividini et al., 2010). L'ensemble de ces résultats a permis de proposer un premier modèle simplifié permettant de quantifier la part relative de l'altération des minéraux du sol relativement à celle impliquant l'activité de la végétation (recyclage par la végétation, réactions induites par des composés organiques) (Cenki-Tok et al., 2009 ; Cividini, 2009; Cividini et al., 2010).

Les travaux expérimentaux menés en parallèle aux études sur site, dans le cadre de collaborations avec l'INRA de Nancy et l'Université de Besançon, ainsi qu'avec les microbiologistes du réseau REALISE, ont permis de préciser plusieurs des mécanismes de fractionnement des isotopes du calcium et du bore dans les écosystèmes forestiers et de mieux comprendre l'influence des paramètres les contrôlant :

- (1) rôle du pH et de la biodisponibilité du calcium dans les solutions de sol sur la composition isotopique du calcium prélevé par les arbres (Cobert et al., 2011a ; Schmidt et al., 2013) ;
- (2) absence de fractionnement isotopique en calcium lors de l'altération de minéraux primaires et possible influence des micro-organismes du sol sur les fractionnements liés au prélèvement du calcium par les racines (Cobert et al., 2011b) ;
- (3) rôle prédominant joué par les minéraux argileux et en particulier par les cations situés dans les espaces inter-foliaires de ces minéraux pour la signature des isotopes du bore, indiquant que les plantes peuvent puiser spécifiquement des nutriments dans les minéraux sans les dissoudre, c'est-à-dire de façon non destructive et surtout réversible (Lemarchand et al., 2012 ; Voinot, 2012 ; Voinot et al., 2013).

Une première synthèse de ces résultats est donnée dans Schmidt et al., (2012). Ces différents travaux permettent

en particulier d'envisager l'utilisation des isotopes du calcium dans les cernes des arbres (Stille et al., 2012) ou dans des fossiles de matière organique comme indicateur de l'état de stress des plantes et donc de reconstituer les conditions ambiantes qui conditionnent leur croissance. Plus important, ils montrent surtout le potentiel des approches isotopiques couplées aux études minéralogiques pour éclairer les mécanismes qui lient l'activité biologique et l'évolution des sols, conduisant *in fine*, à des informations majeures pour l'élaboration de modèles conceptuels décrivant le fonctionnement des écosystèmes forestiers.

Les impacts de cette étude sont nombreux car ils concernent à la fois l'évolution des sols, la biodisponibilité des nutriments et la stabilité des écosystèmes dans un contexte de perturbations anthropiques, qu'il s'agisse de pratiques sylvicoles, de dispersion de polluants ou plus indirectement de perturbations climatiques. À une plus large échelle, ces résultats devraient permettre de mieux comprendre l'impact de la végétation sur les bilans de l'altération continentale.

2- Source des aérosols atmosphériques

Les travaux sur les processus d'altération, les cycles et les transferts des éléments dans les différents compartiments des écosystèmes naturels (notamment les travaux menés par les équipes de Strasbourg sur le bassin versant du Strengbach) soulignent l'impact important des dépôts atmosphériques sur toute la biosphère, et de façon plus générale sur toute la partie superficielle des écosystèmes forestiers (eaux, sols, litières). La caractérisation précise de ces dépôts atmosphériques, notamment de leur origine, est aujourd'hui indispensable si l'on veut progresser dans la connaissance et la modélisation des transferts et des bilans d'éléments dans le continuum eau-sol-plante.

Cette connaissance est également importante dans le contexte des questions actuelles de gestion de l'environnement, incluant les aspects de santé publique. En effet, les aérosols peuvent avoir des effets toxiques sur la santé humaine, soit directement – par inhalation- soit indirectement puisque les aérosols constituent une source importante de pollution des sols, notamment en milieux urbains et péri-urbains. Une réduction de l'impact environnemental des aérosols d'origine humaine nécessite de pouvoir déterminer les différentes sources de ces aérosols mais aussi d'en connaître la composition minéralogique et chimique en fonction de leur origine.

Ce sont ces différentes problématiques et questions qui ont motivé le développement des méthodes de traçage isotopique pour déterminer les sources des aérosols à une échelle régionale. Ces travaux ont été menés en étroite relation avec les physico-chimistes de l'atmosphère et les médecins impliqués dans le réseau REALISE, et ont largement bénéficié des performances analytiques nouvelles

qu'offrent les équipements acquis dans le cadre du réseau REALISE (TIMS, MC-ICP-Ms, ICP-Ms-quad).

À l'échelle internationale, très peu d'études ont utilisé les approches de traçages géochimiques et isotopiques pour caractériser l'origine et la nature des différentes sources d'aérosols à une échelle régionale, en incluant l'étude de la matière organique particulaire qui peut représenter une importante fraction de ces aérosols. C'est ce qui a été fait dans ces travaux focalisés sur le secteur de Strasbourg-Kehl.

Ces travaux, et les résultats auxquels ils ont conduit, ont montré l'intérêt d'associer l'analyse des isotopes du strontium, du néodyme et du carbone aux isotopes du plomb, pour distinguer précisément les principales sources d'aérosols en milieu urbain et péri-urbain (Guéguen *et al.*, 2011). Il devient en particulier possible, grâce à ces approches, de

distinguer la contribution des différentes sources d'émission comme les incinérateurs des déchets, les aciéries ou les flux de véhicules et bateaux à essence et diesel (Guéguen *et al.*, 2012).

Ces travaux ont également montré l'intérêt remarquable que présente les écorces d'arbres comme « bio-enregistreurs » des signatures isotopiques de l'atmosphère. Leur analyse offre ainsi un moyen de déterminer la valeur moyenne (sur quelques années maximum) des rapports isotopiques de l'atmosphère en un endroit donné, et donc d'évaluer l'impact moyen des émissions d'origine humaine dans l'atmosphère en un lieu donné, notamment dans les écosystèmes urbains. Ces différents résultats ouvrent des perspectives nouvelles pour les études d'impact des activités industrielles sur la qualité de l'air et la santé humaine à une échelle régionale.

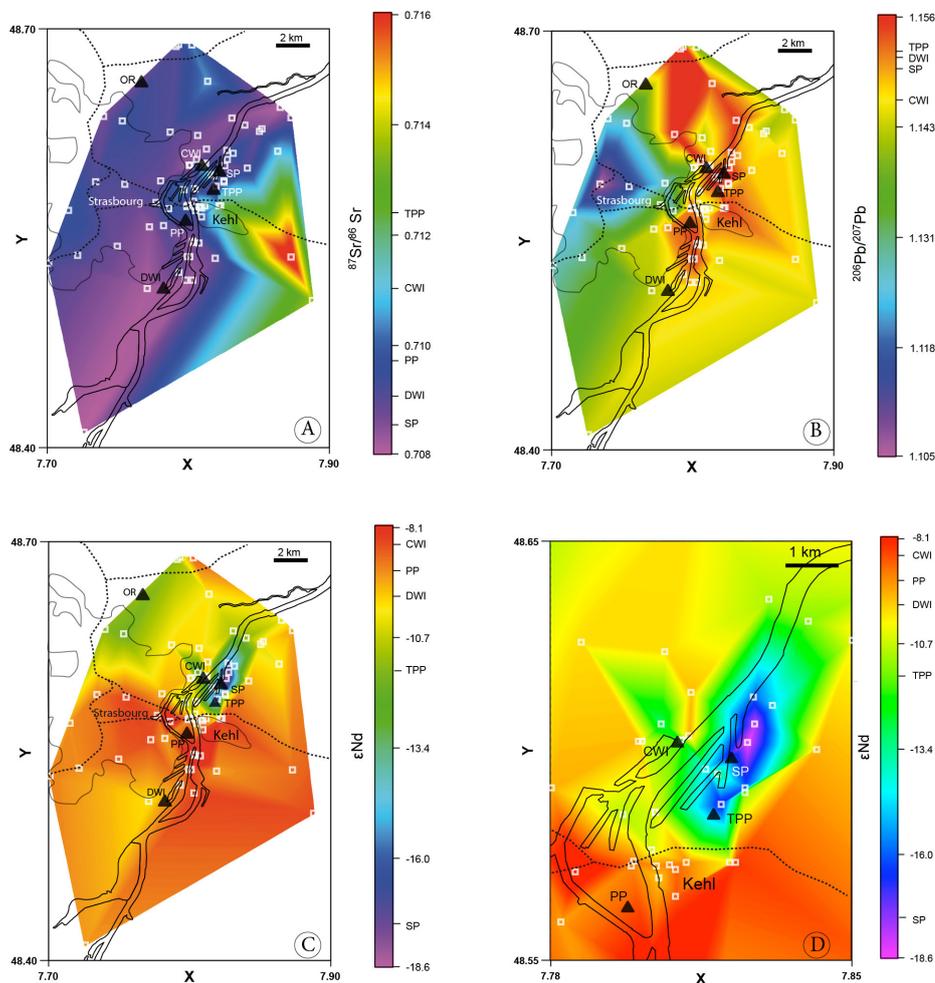


Figure 2 : Carte des compositions isotopiques en strontium, néodyme et plomb mesurées dans les écorces d'arbres mettant en évidence l'influence des émissions liées au trafic routier et aux industries

Le contour des agglomérations est indiqué en trait continu, celui des principaux axes de transport en ligne pointillée.

(A) Carte de distribution des isotopes $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. (B) Carte de distribution des isotopes $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$.

(C) Carte de distribution du rapport isotopique du néodyme exprimé en ϵNd . (D) Carte de distribution du rapport isotopique du néodyme exprimé en ϵNd , agrandie au niveau de la zone industrielle nord.

Guéguen *et al.*, (2012) modifié.

3- Constantes de temps des processus d'altération et de transferts sédimentaires

Au cours de ces 15 dernières années, l'équipe de géochimie isotopique et chimie de l'environnement s'est investie dans le développement des déséquilibres radioactifs pour caractériser et dater les processus d'altération et les transferts de sédiments dans les rivières (Chabaux *et al.* 2003 ; 2008 ; 2011). L'équipe a acquis une reconnaissance internationale dans ce domaine, ce qui lui permet de développer des collaborations fortes avec plusieurs équipes en France (Nancy, Toulouse, Grenoble), et à l'étranger (Université de Pennstate, USA ; Université de Boulder au Colorado, USA ; Université de Wollongong, Australie ; Université Libre de Louvain, Belgique).

Pour l'étude des processus d'altération, nous avons en particulier développé une méthodologie nouvelle pour déterminer les taux de propagation des fronts d'altération aussi bien à l'échelle de systèmes simples ou modèles que constituent les couronnes d'altération développées sur clastes (fragments de roche décimétriques) (Pelt *et al.*, 2008 ; Ma *et al.*, 2012), qu'à l'échelle de profils d'altération métriques ou décimétriques (Dequincey *et al.*, 2002 ; Chabaux *et al.*, 2003 ; Pelt, 2007 ; Ma *et al.*, 2010 ; Rihs *et al.*, 2011 ; Blaes, 2013 ; Chabaux *et al.*, 2013). Cette approche est aujourd'hui classiquement utilisée par des équipes qui travaillent sur ces questions. Au sein du laboratoire, elle s'ouvre aux isotopes de courte période ^{238}Th , ^{228}Ra et ^{210}Pb (Rihs *et al.*, 2011)

Au-delà de ces développements méthodologiques, nous ouvrons, par les applications qui en ont été faites, des approches nouvelles pour définir les lois de dépendance des taux d'altération vis-à-vis de paramètres, tels les paramètres lithologiques ou climatiques, ou encore pour discuter de l'état de stabilité des profils d'altération c'est-à-dire

de mieux comprendre les liens existants entre les processus d'altération formant les sols et l'érosion responsable de leur destruction. Ce sont des voies d'études qui sont aujourd'hui poursuivies au sein du laboratoire, et en collaboration avec les équipes de l'Institut de Physique de Globe de Strasbourg en particulier. Les informations qui en résulteront seront importantes pour décrypter la réponse des paysages aux facteurs environnementaux naturels ou anthropiques.

Parallèlement à ces travaux sur les sols, il a été proposé un modèle relativement simple d'interprétation des déséquilibres radioactifs dans les sédiments des rivières pour déterminer les constantes de temps des transferts sédimentaires dans les systèmes alluviaux. Ces travaux, qui placent l'équipe de Strasbourg dans une position originale au niveau international dans ce domaine de l'étude des vitesses de transfert des sédiments dans les plaines alluviales, ont été réalisés grâce à une collaboration menée depuis plus de 10 ans maintenant avec nos collègues nancéiens sur le système des rivières himalayennes (Granet, 2007 ; Granet *et al.*, 2007 ; 2010 ; Chabaux *et al.*, 2012). Ces travaux se poursuivent aujourd'hui dans le cadre d'une thèse et s'ouvrent à l'étude de bassins de taille plus modeste (bassins vosgiens, alpins et chiliens).

Il est important de rappeler, à ce stade, que l'ensemble de ces études n'aurait pu se faire sans la politique d'acquisition et de modernisation des équipements de géochimie menée au sein du réseau REALISE. Que ce soit le développement des nouveaux traceurs isotopiques (calcium, bore, lithium,...) ou des déséquilibres radioactifs (^{238}U - ^{234}U - ^{230}Th - ^{226}Ra), aucun n'aurait pu être réalisé avec le succès qu'on lui connaît aujourd'hui si les spectromètres de masse de nouvelles générations (TIMS Triton, MCICP-Ms Neptune) n'avaient été acquis et les nouvelles salles blanches construites.

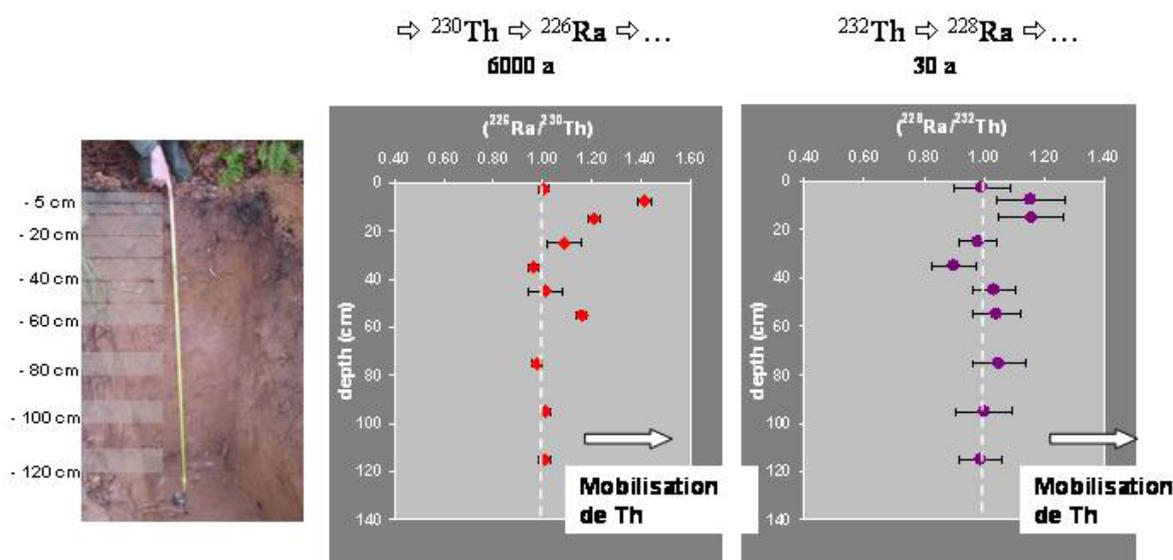


Figure 3 : Variation des déséquilibres ($^{226}\text{Ra} / ^{230}\text{Th}$) et ($^{228}\text{Ra} / ^{232}\text{Th}$) dans un profil de sol d'Aubure impliquant une mobilité récente du thorium dans les horizons superficiels de ces sols (Rihs *et al.*, 2011)

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Partenaires
Transferts sédimentaires dans les rivières himalayennes	CRPG-Nancy. Collaborations dans le cadre de programmes INSU et de l'ANR Calimero – Coll. Drs C. France-Lanord, J. Lavé
Traçage géochimique et datation des processus d'altération (expérimentation sur le site de Breuil) et étude du cycle biogéochimique du bore sur le site forestier de l'Observatoire Pérenne de l'Environnement de Bure (OPE)	INRA-Nancy. Programme INSU-EC2CO – Coll. Dr. MP Turpault
Traçage géochimique (Expérimentations hydroponiques)	Université de Franche-Comté. Programme INSU-EC2CO – Coll. P. Baudu
Traçage des altérations en climat froid et datation des transferts sédimentaires dans les rivières chiliennes	GET Toulouse – BIOEMCO Paris. Programme INSU-EC2CO – Coll. : Dr. S. Derenne, O. Prokovsky, J. Viers et Programme IRD - Coll. Dr. J. Viers
Vitesse d'altération des Terres Noires (site de Draix, Alpes de Haute Provence)	ISTO Orléans, Programme INSU-EC2CO
Datation de l'altération et traçage des apports atmosphériques (Costa Rica, Cameroun, Manaus)	BRGM Orléans, Projet DOE-USA. Programme PROSE et Programme INSU – Coll. Dr. C. Innocent
Flux dissous en aquifère granitique (Ploemeur, Bretagne, Maheshwaram, Inde)	BRGM Orléans et Université Rennes. ANR MOHINI – Coll. Dr. H. Pauwels, Pr. L. Aquilina
Vitesses d'érosion en contexte glaciaire (Bossons, France et Dora Baltea, Italie)	Universités de Grenoble et Dijon. ANR Alpes – Coll. Pr. P. van der Beck, Dr. J.-F. Buoncristiani
Analyses isotopiques d'eau, de végétaux et de sols (thèse Marion Jeambrun) – estimation de l'état de la radioactivité de l'Observatoire Pérenne de l'environnement de Bure (OPE)	IRSN, Cadarache. Programme ANDRA-IRSN – Partenaire Dr. L. Pourcelot
Datation des sols de la Réunion	CEREGE. Collaboration avec Dr. C. Claude et J.-D. Meunier
Datation de dépôts sédimentaires de sites préhistoriques (Vietnam et Laos)	PARIS – Laboratoire Dynamique des populations Humaines. Programme de collaboration international CNRS – Partenaire Dr. A.-M. Bacon
Datation des systèmes latéritiques tropicaux	IPG Paris – IRD, Institut de Minéralogie et de Physique des Milieux Condensés. Programme INSU - Coll. Dr. E. Ballan
Altération précoce des basaltes – le cas du Mont Cameroun	IPG Paris et Université de Rennes. Programme Prose - Coll. Pr. Ph. Ildefonse, Pr. J. Boulègue, Dr. C. Chauvel
Projet Européen sur l'étude des sols	Projet SOILTREC : collaboration entre 16 laboratoires européens, dont le GICE/LHyGeS, seul participant français. Coordinateur Projet : Pr. Banwart Université de Leeds, UK
Étude des caractéristiques et des impacts des aérosols organiques et inorganiques avec des approches pluridisciplinaires (minéralogiques, chimiques, isotopiques, météorologiques, géographiques, médicales et biologiques)	Formation d'un groupe de travail tri-national qui réunit des chercheurs des universités de Strasbourg, Mulhouse-Colmar, Freiburg en Allemagne et Fribourg en Suisse
Untersuchungen zur Immissionsbelastung mit dem Luftgüte-Rindenmonitoring in der ehemaligen Bergbaufolgelandschaft Stassfurt sowie an Referenzstandorten auf Elemente, PAK, Pb-Isotopenverhältnisse sowie Dioxine und Furane	Bundesanstalt für Geowissenschaften (Berlin/Bremen)

Thématique	Partenaires
Impact de la renaturation du cours de l'Alzette supérieure sur la teneur et la dynamique des éléments traces métalliques au sein des zones d'inondation	Luxembourg, DISMET (Advanced solutions for heavy metal dispersion contamination modelling in flood plains; member of the consortium) FNR CORE funding. Centre Luxembourgeois de Recherche Public Gabriel Lippmann (un post-doctorat financé)
Utilisation des isotopes stables pour étudier l'effet d'évènements climatiques catastrophiques sur le cycle des éléments dans un écosystème forestier	Université d'Upsalla, Suède
Processus d'altération (altération sur clasts basaltiques - altération sphéroïdale)	Pennstate University, Programme DOE, USA- Coll. Pr. S. Brantley
Constante de temps des processus d'altération (site de Betasso, Colorado, USA)	Boulder University Colorado- Coll. Dr. S. Anderson
Analyse U-Sr dans les estuaires (New Jersey, USA)	Woods Hole Oceanographic Institution, USA- Coll. Dr. O. Rouxel
Traçage et datation des processus d'altération	Université de Wollongong, Australie - Coll. Dr. A. Dosseto
Altération en climat froid : cas de la région du lac Baïkal	Université d'Irkousk. Programme de coopération Internationale CNRS- Académie des Sciences de Russie – Coll. Pr E. Skliarov

Doctorants inscrits dans d'autres universités, présents au laboratoire, dans le cadre de collaborations

- Philippe Roux (Doctorant Université de Lorraine -INRA Champenoux) – Étude des mécanismes d'altération et des transferts de matière entre les plantes et le sol. Développement de la géochimie isotopique du bore. Encadrement : M-P Turpault (INRA) et. D. Lemarchand (LHyGeS). Financements : ANDRA (50%), Région Lorraine (50 %)
- Jérôme Schoonejeans (Doctorant Université Catholique de Louvain, Belgique, collaboration Pr. Veerle Vanacker) – Relations entre les cinétiques d'érosion et des surrections des Chaînes de Montagne – séjour de 3 mois au GICE/LHyGeS, début 2014).
- Séjours courts de doctorants (1mois) : Peter Sak (Pennstate University, USA) Alexis Navarre Sitchler (Pennstate University, USA) dans le cadre des projets développés avec le groupe de S. Brantley) et Joe Taylor Mills (Université de Boulder, Colorado - USA Coll. Dr S. Anderson).

Post-doctorants invités grâce aux équipements obtenus et/ ou aux collaborations développées dans le réseau

- Lin Ma (Pennstate University) dans le cadre de projets avec le groupe du Pr. S. Brantley. 3 mois en 2009 et 3 mois en 2010.
- Bolou Bi (Université d'Uppsala en Suède) : «Origins of dissolved cations (Mg, Ca) in stream in a forest watershed impacted by storm: a combined chemical and stable isotopic approach». Financé par le projet FORMAS.
- Marie-Laure Bagard : «Étude géochimique et isotopique (Li) des phases d'altération dans une carotte du bassin versant du Strengbach». 6 mois en 2013.
- Harold Huges : «Processes controlling the B, Li and Si cycles in a forest watershed (Strengbach, Vosges) : a combined isotope approach». 18 mois en 2013-2014.

Chercheurs invités grâce aux équipements et/ ou aux collaborations développées dans le réseau

- Dr. Bassam Ghaleb (Université de Montréal- GEO-TOP), 1 mois en 2005
- Dr. Stephan-Jürgen Koehler (Institut polytechnique de Graz, Autriche), trois mois en 2005 et un mois en 2006
- Dr. Olivier Rouxel (Woods Hole Oceanographic Institution, USA), 1 mois en 2009
- Dr. Suzanne Anderson (Université de Boulder-USA), 1 mois en 2012
- Kurt Kyser, Dept Geol Sci & Geol Engin, Queen's University, Kingston (Canada), 2 mois en 2011

Lauréat à un concours et/ou prix de distinction honorifique

Sur les bases des projets de recherche développés dans l'équipe GICE sur le traçage isotopique et la datation des transferts de matières dans le système «eau-sol-plante», François Chabaux a reçu le prix «Simone et Cino Del Duca», catégorie «junior» de l'Institut de France en 2005. Le prix a permis le financement de deux années post-doctorales et le co-financement de gros équipements, dont le spectromètre nucléaire compteur gamma.

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Type de contrat et partenaires
Altération et érosion dans l'Himalaya : apport des séries de l'uranium.	ANR-09-BLAN-0221-02 CALIMERO. Porteur : CRPG Nancy. Autre partenaire : GET Toulouse. 2009-2014
Soil Transformations in European Catchments	CEE SOILTREC. Porteur : University of Sheffield Autres partenaires : 16 équipes de la CE, le GICE étant le seul représentant français. 2009-2014
Erosion and relief development in the western Alps -ERDALPS	ANR. Porteur : Université Grenoble. Autres partenaires : Universités de Lyon et de Dijon. 2008-2013
Chemische und Isotopische Zusammensetzung industrieller Emissionen und ihre Verbreitung im urbanen Raum Kehl-Strasbourg	Étude pour la Ville de Kehl. 2009-2011
Modélisation intégrée des ressources en eaux des aquifères du socle -MOHINI	ANR. Porteur : BRGM. Autre partenaire : Université de Rennes. 2008-2011
Étude des fractionnements isotopiques des éléments légers (B, Li, Ca) causés par les interactions entre l'altération des minéraux et le développement de la végétation – rôle des micro-organismes	Projet EC2CO-INSU. Porteur: GICE/LHyGeS. Autre partenaire : INRA Nancy. 2010-2011
Rôle de la rhizosphère dans la nutrition des arbres forestiers à partir des minéraux des sols : couplage d'approches biogéochimiques, minéralogiques et isotopiques	Projet INSU-EC2CO. Porteur: GICE/LHyGeS Autre partenaire : INRA Nancy. 2008-2009
Étude de la régulation biologique de l'altération des minéraux et du fonctionnement du système eau/sol/plante	Projet INSU-EC2CO. Porteur: LHyGeS Autre partenaire : INRA Nancy. 2007
Comportement du bore lors de la dégradation des matières organiques de différents types de sols forestiers	Projet NEEDS. Porteur: GICE/LHyGeS Autre partenaire : INRA Nancy. 2013
Nouvelle approche de datation des sols : utilisation des déséquilibres radioactifs sur fractions minérales séparées	Projet SYSTER-INSU. Porteur: GICE/LHyGeS Autre partenaire : INRA Nancy. 2010-2012
Arbres urbains et qualité de l'air : caractérisation chimique et isotopique des aérosols organiques/inorganiques par biomonitoring (écorces des arbres)	Projet PEPS INEE. 2009
Les arbres : archives paléo-environnementales des teneurs en nutriments du sol ?	Projet INSU-EC2CO. 2012-2013
Les transferts des terres rares à l'interface géosphère – biosphère (sol/eau/végétation).	Programme INSU-EC2CO - Cycles hydrobiogéochimiques, transferts et impacts écotoxicologiques [CYTRIX] du CNRS. 2009-2010

Thématique	Type de contrat et partenaires
Utilisation d'un bassin versant équipé afin de comprendre et modéliser l'altération continentale	Programme INSU-EC2CO- Cycles hydro-biogéochimiques, transferts et impacts écotoxicologiques [CYTRIX] du CNRS. 2007-2009
Caractérisation radiologique de l'environnement de surface de la zone de l'Observatoire Pérenne de l'Environnement du Centre de Meuse / Haute-Marne	AREVA, Volet n°2 : étude des sols. Collaboration LHyGeS-IRSN (L. Pourcelot)- ANDRA (Sébastien Conil). 2010-2013
Caractérisation chimique et minéralogique des verres issus d'installations de traitement des déchets domestiques	OFEFP/CNRS, 3 contrats avec l'Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage-Suisse. 1998-2004
Devenir des Matières Organiques fossiles à l'affleurement : exemples des terres Noires des Alpes de Haute Provence (DEMON)	Programme INSU-EC2CO. Coordinateur : Y. Copard – ISTO- Université d'Orléans. 2012-2014.

Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (LHyGeS) UMR CNRS-UdS 7517

Équipe «Processus Élémentaires et Modélisation» jusqu'en 2013 puis «Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés» (TREHA)

Directeur du Laboratoire de 2009 à 2013 : Philippe Ackerer (DR CNRS)

Directeur du Laboratoire depuis 2013 : François Chabaux (PU UdS)

Responsable de l'équipe : Gerhard Schäfer (PU UdS)

Membres de l'équipe de 2003 à 2013 : Philippe Ackerer (DR CNRS), Bruno Ambroise (DR CNRS), Anne-Véronique Auzet (PU UdS), Benjamin Belfort (MdC UdS), Jérôme Carrayrou (MdC UdS), Damien Daval (CR CNRS), Frédérick Delay (PU UdS), Raphaël Di Chiara (MdC UdS), Joëlle Duplay (CR CNRS), Bertrand Fritz (DR CNRS), Agnès Hermann (IR ENGEES), Gwenaël Imfeld (CR CNRS), Stéphanie Lawniczak (MdC UdS), Florence Le Ber (ICGREF ENGEES), François Lehmann (MdC UdS), Yann Lucas (MdC UdS), Sylvain Payraudeau (MdC ENGEES), Tania Quaranta (MdC UdS), Olivier Razakarisoa (IR CNRS), Sylvain Weill (MdC UdS), Anis Younes (CR CNRS)

Les résultats scientifiques

L'équipe Processus Élémentaires et Modélisation (PEM) du LHyGeS de 2009 à 2012, puis l'équipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés (TREHA) depuis 2013, développe des recherches associant l'expérimentation à différentes échelles d'observation, le développement d'outils de simulation prenant en compte le couplage transferts/réactions et la modélisation numérique. Ces travaux suivent une démarche de type changement d'échelle tant du point de vue spatial que temporel. Cette équipe regroupe du personnel qui, en 2009, provenait de trois laboratoires différents : le Centre d'Ecologie Végétale et d'Hydrologie (CEVH-UMA 101, ENGEES), une partie des équipes du Centre de Géochimie de la Surface (CGS-UMR 7517) et l'équipe Hydrologie et Transferts

en Milieux Poreux (HTMP) de l'Institut de Mécanique des Fluides et des Solides (IMFS-UMR 7507). De ce fait, entre 2003 et 2013, le réseau REALISE a permis, via l'activité des chercheurs de cette équipe :

- de consolider l'aménagement de la plate-forme SCERES (Site Contrôlé Expérimental de Recherche pour la réhabilitation des Eaux et des Sols), destinée à l'étude du transport et transfert de polluants non miscibles (hydrocarbures et solvants chlorés) en zone saturée ou non d'un aquifère alluvial. Ce site équipé est constitué notamment d'un bassin enterré et instrumenté de dimensions 25 m x 12 m x 3 m, reconstituant un aquifère alluvial. Cet outil unique et original permet l'étude des phénomènes

à l'échelle 1 dans des conditions contrôlées. Source de données expérimentales de la plus grande importance pour le développement de modèles physiques complets et la validation de codes numériques fiables et robustes dans le domaine de l'hydrosystème souterrain, il répond à une demande socio-économique forte.

- de réaliser, en 2005, trois forages profonds (avec carottage entier allant jusqu'à 150 m de profondeur) dans le bassin versant de recherche du Ringelbach a Soultzeren (68). Chaque puits a été équipé d'une sonde mesurant la température de l'eau et la pression statique de la colonne d'eau permettant ainsi de suivre en continu le niveau piézométrique local des nappes du grès et du granite.

- d'appuyer une action structurante émergente pour l'évaluation détaillée du devenir et la transformation des composés organiques et inorganiques naturels et anthropiques dans les écosystèmes terrestres ou aquatiques. Le réseau REALISE a permis, en cofinancement de l'Appel d'offre IDEX 2013 de l'UdS, l'acquisition d'un chromatographe en phase gazeuse- module de combustion-spectromètre de masse isotopique. Cet instrument permettra d'évaluer en détail le devenir et la transformation de micropolluants identifiés de longue date (pesticides) ainsi que de certains micropolluants émergents (produits pharmaceutiques) dans des écosystèmes terrestres ou aquatiques.

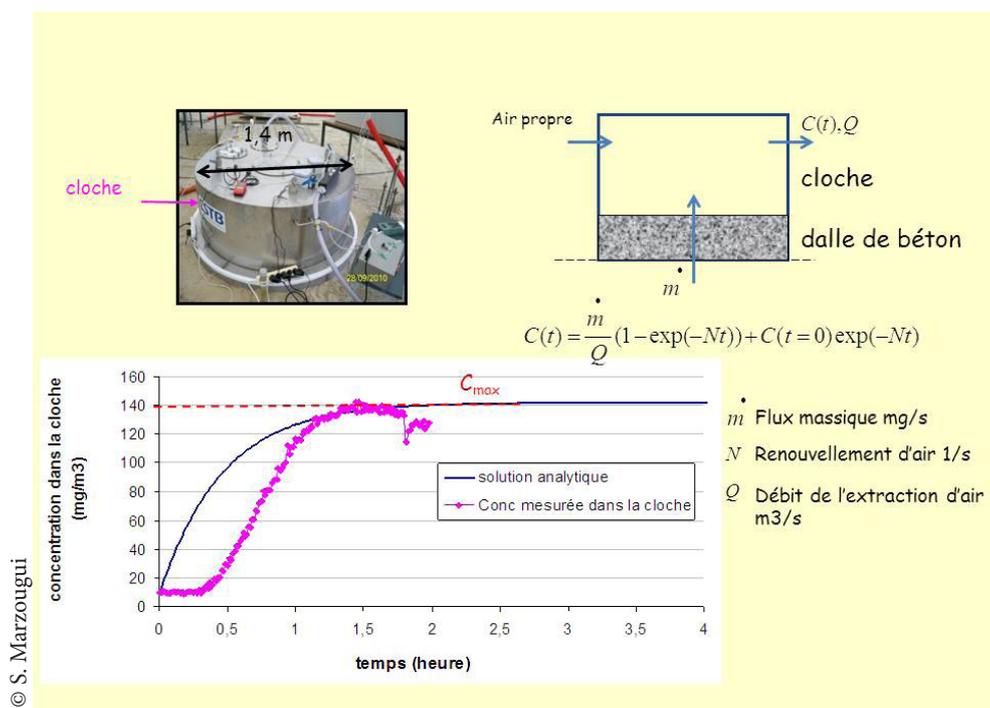
Aménagement de la plate-forme SCERES (Site Contrôlé Expérimental de Recherche pour la Réhabilitation des Eaux et des Sols)

Les aménagements de la plate-forme expérimentale SCERES ont notamment permis de réaliser des recherches relatives aux «transferts de vapeurs de composés organochlorés dans la zone non saturée de la nappe phréatique et à l'interface sol-air ». Les verrous scientifiques et techniques sont multiples :

- évaluation du flux de vapeur à l'interface sol/air et sol/dalle de béton d'un bâtiment,
- rôle de la convection (induite par effet densitaire, gradient de pression du mélange gazeux) vis-à-vis de la diffusion moléculaire,
- effets d'échelle,
- modélisation mathématique couplée ou non du transfert de vapeurs en milieu poreux et dans l'air de proche surface.

La démarche choisie est basée sur une étude expérimentale et numérique du transfert des vapeurs de TCE (trichloréthylène) en zone non saturée, vers l'atmosphère et vers l'air intérieur de bâtiments. L'expérimentation menée en 2010 sur la plate-forme expérimentale SCERES avait pour but, pour une configuration de zone source en TCE créée et localisée à proximité d'une dalle de béton fissurée, d'évaluer le flux vertical de vapeurs en TCE à travers l'interface sol/air et sol/béton/air, dans des conditions aux limites variables de l'expérimentation.

Figure 1 : Transport de vapeurs par convection forcée à travers la dalle de béton lors de la mise en dépression dans la cloche : concentrations observées et calculées par approche analytique simplifiée (de type mélangeur)



- m Flux massique mg/s
- N Renouvellement d'air 1/s
- Q Débit de l'extraction d'air m³/s

Les différentes phases expérimentales ont permis de quantifier de façon détaillée l'influence des gradients de concentration de vapeur, du gradient de pression du mélange gazeux (dû à la convection forcée par dépression ou par battement de nappe) et de la densité de vapeurs de TCE sur le flux de vapeurs aux interfaces sol/air et sol/béton/air et de les comparer aux flux calculés moyennant les approches semi-analytiques et le code multiphasique SIMUSCOPP. A l'échelle d'une colonne de laboratoire, nous avons pu évaluer l'effet de la convection induite par la densité sur le coefficient de diffusion apparente du TCE.

Dans le cadre du projet ANR FLUXOBAT (2009-2013), des travaux scientifiques se sont poursuivis afin de :

- compléter les données expérimentales relatives aux propriétés locales et macroscopiques de la dalle de béton (perméabilité, tortuosité),
- effectuer des simulations au moyen de COMSOL multiphysics (transfert de vapeurs à l'interface milieu poreux/chambre à flux et aux interfaces milieu poreux/dalle de béton/air intérieur),
- étudier et modéliser la couche limite de concentration (air de proche surface du sol).

Nos recherches soutenues par le réseau REALISE se sont également intéressées à l'étude fine de caractérisation du champ de saturation en fluides non miscibles à l'échelle de Darcy.

Les expériences réalisées sur colonne de laboratoire ont permis d'analyser l'instabilité gravitaire du déplacement de drainage eau/DNAPL (dense non-aqueous phase liquids) et de quantifier la répartition du DNAPL dans un milieu

poreux saturé pour les différentes configurations de déplacement (vertical ascendant et vertical descendant).

Le DNAPL utilisé est le trichloréthylène (TCE). Contrairement aux conditions stables de déplacement (vertical ascendant), la distribution des temps d'arrivée du front mesurée au moyen de capteurs à fibres optiques développés et placés au niveau d'une section de contrôle a été plus étalée dans le cas de déplacement instable (vertical descendant) et son écart-type calculé a été plus significatif. Par ailleurs, la quantification fine des saturations en TCE effectuée à la fin de chaque expérience a permis de confirmer l'existence des instabilités gravitaires de déplacement (Figure 2).

La simulation numérique du processus de drainage (eau/DNAPL) a été abordée par une approche de type réseau des pores et capillaires. Les résultats numériques ont été globalement en bon accord avec les observations expérimentales. La spécificité de notre étude numérique réside dans la détermination des paramètres réels du modèle discret développé. En effet, les rayons minimaux, moyens et maximaux introduits dans le modèle pour générer la distribution de la taille de pores et de capillaires du réseau, ont été quantifiés sur la base d'une approche d'empilement des sphères couplée à une approche de probabilité.

Parallèlement, des études en laboratoire sur cuves 2D ont été menées en collaboration avec l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg et l'Université d'Oslo portant sur les instabilités visqueuses de fluides non miscibles. Ces recherches ont notamment mis en relief l'effet des instabilités visqueuses sur la pression capillaire dynamique à l'échelle macroscopique.

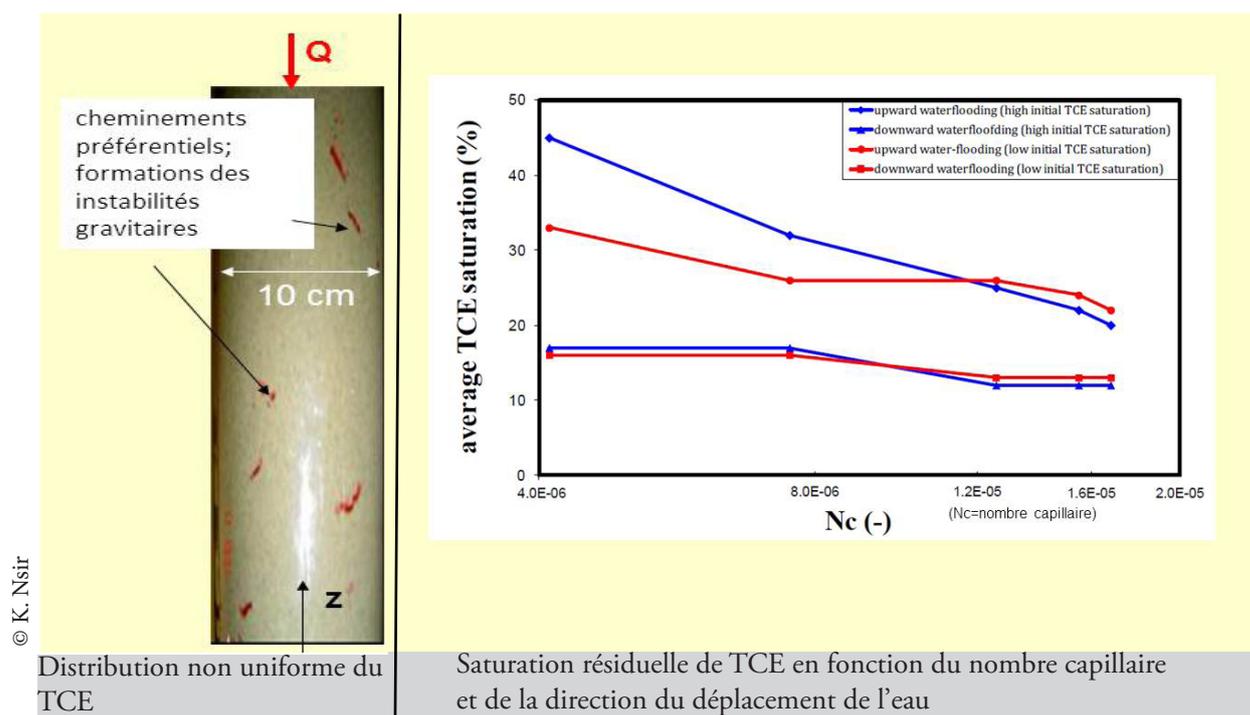


Figure 2 : Résultats expérimentaux

Forage dans le Bassin Versant de Recherche (BVR) du Ringelbach à Sultzzen (Département du Haut-Rhin)

Situé dans les Hautes-Vosges centrales, entre 750 et 1000 mètres d'altitude, sur le ban de la commune de Sultzzen (Haut-Rhin) à 70 kilomètres au sud/sud-ouest de Strasbourg, les 36 ha de ce petit bassin versant du Ringelbach sont l'objet, depuis 1975, des recherches dans le domaine des ressources en eau provenant de petits aquifères hétérogènes dans les formations superficielles et les roches altérées et fissurées. Sur le site du Ringelbach, trois forages profonds ont été réalisés grâce au soutien financier du réseau REALISE, entre le 6 septembre et le 7 novembre 2005, sur les deux sites dits du Hurlin (forage F-HUR) et du Heidenkopf (forages F-HEI, F-HEI2). S'appuyant sur ces forages profonds, l'approche interdisciplinaire (hy-

drogologique, géomorphologique, géophysique, géochimique) mise en œuvre pour l'étude de ce compartiment souterrain -encore mal connu, car peu accessible à l'observation directe- a permis de mieux déterminer sa géométrie et son fonctionnement hydrogéochimique contrôlant les stockages et circulations souterrains. Aussi, ces recherches ont contribué au développement des outils de simulation du transfert hydrique et du transport de solutés (thèse de doctorat de T. Schaffhauser, 2013).

Les figures 3 et 4 montrent des exemples de résultats obtenus sur les forages profonds. Par rapport à la caractérisation des forages (Figure 3), des différenciations intra-forage et inter-forages ont été effectuées d'un point de vue hydrodynamique, diagraphique et pétrophysique.

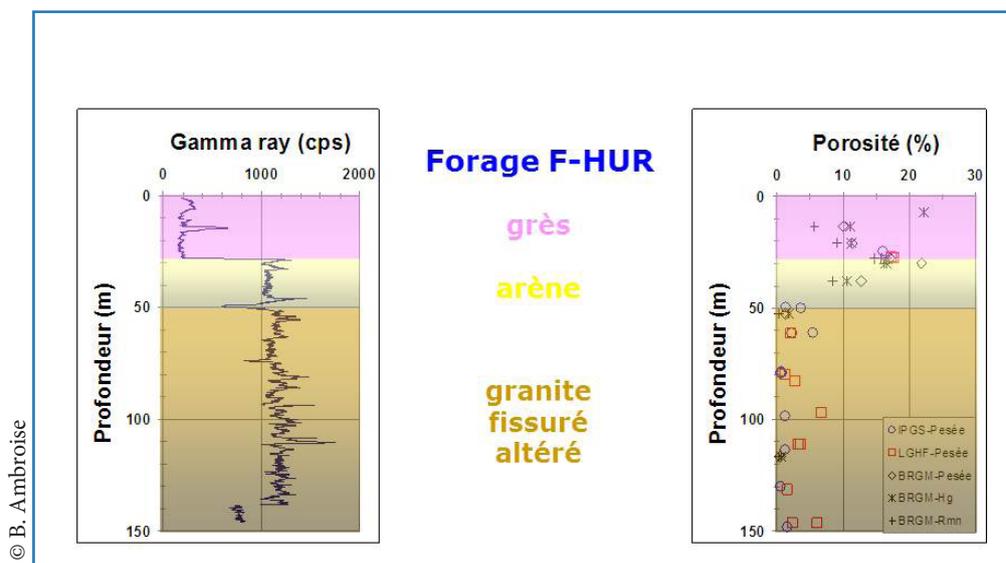


Figure 3 : Caractérisation des forages, exemple du forage Hurlin

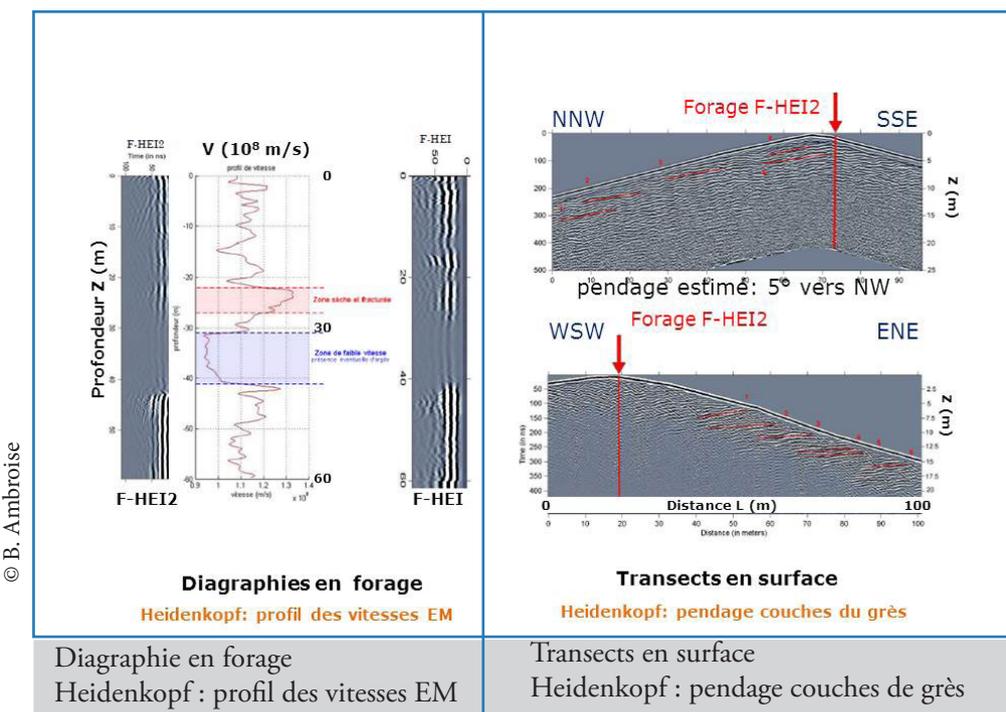


Figure 4 : Géoradar et structure 3 D des milieux

Réactivité des Interfaces Eau/Minéraux/Organismes

Dans les années à venir, nous souhaitons développer une plateforme expérimentale dédiée à l'étude du transfert et de la réactivité au sein des interfaces système eau-minéraux-organismes (EMO). Notre objectif est de comprendre les facteurs et les réactions biogéochimiques qui régulent les transferts au sein de l'hydro-biogéosphère en utilisant les approches et les instruments de pointe en minéralogie, en géochimie et en microbiologie, dont certains ont été financés par le réseau REALISE, tel que le GC-C-IRMS : chromatographe en phase gazeuse- module de combustion-spectromètre de masse isotopique (cofinancement de l'Appel d'offre IDEX 2013 de l'UdS). Cette action structurante permettra de répondre à des enjeux sociétaux majeurs liés au devenir des écosystèmes continentaux soumis aux pressions anthropiques.

Ce projet s'inscrit dans la continuité des objectifs scientifiques du LHyGeS à travers l'axe transverse 'BioGéochimie des systèmes Eau-Minéraux-Organismes : BioGEMO', porté dans le projet quinquennal (2013-2017) du LHyGeS, tout en s'inscrivant dans un développement stratégique illustré par les récents recrutements de personnels CNRS (G. Imfeld et D. Daval), ainsi que par les projets en cours ou soumis à l'échelle régionale (projet IDEX 2013 'BioGeoLink' – G. Imfeld), nationale et européenne (ITN Marie-Curie CSI : Environment, projet InterregIV PhytoRET).

Dans les hydrosystèmes continentaux, l'évolution chimique des eaux de surface ainsi que des sols naturels ou anthropisés est déterminée par les interactions entre les phases aqueuses, minérales, les (micro-)organismes qui s'y développent et les processus de transfert. Le fonctionnement du système eau-minéraux-organismes (EMO) est régulé par des mécanismes aux interfaces contrôlant les transferts de matière et d'énergie entre ces phases et leurs transformations. Caractériser la réactivité des interfaces EMO représente un défi scientifique majeur en raison de la complexité et de la dynamique du système, très souvent abordées de façon disjointe par les communautés de la minéralogie, de la géochimie et de la microbiologie.

Dans les hydrosystèmes continentaux anthropisés ou naturels, la dynamique du complexe EMO contrôle le transport réactif des solutés, en particulier des polluants identifiés de longue date (pesticides et métaux lourds) ou émergents (produits pharmaceutiques et nanoparticules). À ce jour, les processus de transformation des solutés dans le système EMO sont encore peu caractérisés vis-à-vis de son fonctionnement biogéochimique. De plus, la réactivité des interfaces EMO est actuellement très mal comprise, et les mesures des temps caractéristiques associées aux processus de terrain diffèrent des mesures de celles obtenues en laboratoire. Ces lacunes majeures de compréhension limitent une conceptualisation cohérente du fonctionnement des interfaces EMO, et ainsi restreignent la portée des approches numériques actuelles visant à prédire l'évolution des hydrosystèmes continentaux.

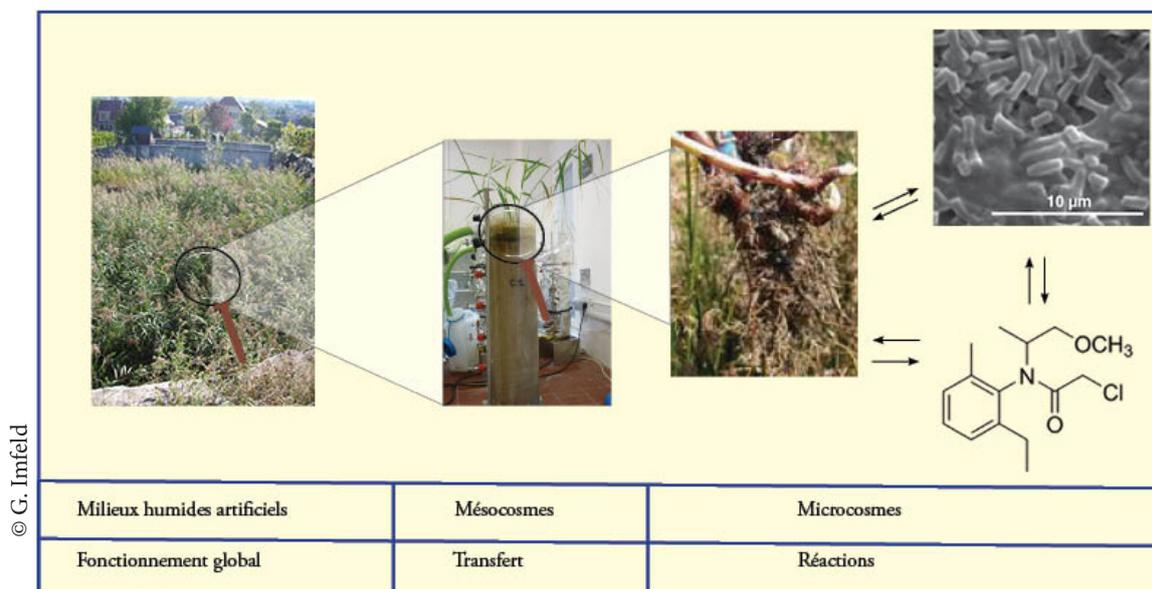


Figure 5 : les différentes échelles d'étude du transfert de contaminants organiques et inorganiques dans les milieux humides. Les processus de transfert de cocktails de pesticides et du cuivre dans les eaux de ruissellement provenant de bassins versants agricoles sont caractérisés dans des bassins d'orage plantés (photo à gauche). Le transport réactif de contaminants est caractérisé en détail dans des expériences en mésocosmes de laboratoire (photo au centre), en lien avec les conditions biogéochimiques. Les processus microbiens, associés à la transformation des contaminants (à droite), sont étudiés à l'aide d'outils biomoléculaires (extraction de l'ADN, PCR-T-RFLP) et isotopiques (abondance naturelle et traçage).

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

- Écoulements multiphasiques : Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse et Laboratoire des Transferts Écoulements Fluides Énergétique de l'Université de Bordeaux
- Mesures des concentrations et détection des polluants organiques : VEGAS - Université de Stuttgart
- Traçages dans le cadre du programme Phytoret avec l'Institut d'hydrologie de l'Université de Freiburg (Allemagne)

Rapprochement de structures dédiées à l'innovation

CRITT Rittmo : Programme FP7-PEOPLE-2010-ITN (7ème PCRD), 2010- 2014 : «Recherche des sources et puits de contaminants organiques par analyse isotopique». Autres partenaires associés : GMGM/AIME, CNRS, Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, Masaryk University, Spanish National Research Council – CSIC, Stockholm University, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology - EAWAG, Technical University of Lodz - TUL, VU University Amsterdam, ALS Laboratory, Tauw b.v.

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Type de contrat et partenaires
Pollution des sols, développement d'un code multiphasique	Projets R&D ADEME, 2012-2014
Pollution des sols, développement d'un préleveur multiniveaux	Projets R&D ADEME, 2011-2014
Étude des flux de vapeur de TCE dans la zone non saturée et vers l'atmosphère	Projet ANR FLUXOBAT, 2009-2013
Étude du potentiel des zones humides artificielles dans le traitement des pesticides	Phytoret, projet Interreg, 2011-2014
Biochimie aux interfaces micro-organismes-eau-minéraux	"BioGeoLink", Initiative d'Excellence (IdEX), Uds, 2013
Modélisation bio-géochimique de la lixiviation du cuivre	Contrat CNRS-BioSigma (Bioleaching Joint Venture Santiago, Chili), 2011-2015

Directeur du Laboratoire de 2009 à 2013 : Jacques Hinderer (DR CNRS)

Directeur du Laboratoire depuis 2013 : Ulrich Achauer (DR CNRS)

Responsable de l'équipe «Géophysique expérimentale » : Renaud Toussaint (CR CNRS)

Autres membres de l'équipe : Maksim Bano (MdC UdS), Patrick Baud (MdC UdS), Laurence Jouniaux (DR CNRS), Thierry Reuschle (CR CNRS), Pascal Sailhac (MdC UdS), Mathias Zillmer (MdC UdS)

Responsable de l'équipe «Dynamique Globale et Déformation Active» : Yves Rogister (MdC UdS)

Autres membres de l'équipe : Jacques Hinderer (DR CNRS), Jean-Philippe Malet (CR CNRS), Frédéric Masson (PU UdS), Jérôme Van der Woerd (CR CNRS)

Les résultats scientifiques

Nos principales orientations portent sur la caractérisation des flux hydriques pour détecter des écoulements par méthodes géophysiques à différentes échelles et sur la modélisation des écoulements multiphasiques. Nous développons aussi un volet sur la quantification des taux d'érosion et d'altération. Le financement apporté par le réseau REALISE nous a permis de renforcer ces thématiques grâce à l'acquisition de matériel de pointe utilisé par plusieurs équipes de l'IPGS et en collaboration avec le Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (LHyGeS). Ces investissements ont permis de porter ensuite des projets en commun pour développer nos thématiques.

Avancées scientifiques permises par les financements du réseau REALISE

Caractérisation de la zone vadose du site de la Soutte

Nous avons caractérisé la zone vadose, c'est-à-dire non saturée, et l'aquifère perché près de la crête des Vosges sur le site expérimental de La Soutte, source de l'Ehn, sur la commune d'Obernai. Les travaux de recherche consistent d'une part, en expérimentations de terrain et de laboratoire et d'autre part, en modélisation des écoulements d'eau souterraine. Ils visent quatre grands objectifs : définir les profondeurs de réserves en eau, quantifier ces réserves, comprendre la dynamique des écoulements dans le temps et suivre la recharge hydraulique. Les méthodes d'investigation testées et développées sont non invasives car le milieu souterrain est peu accessible par observation directe.

Pour ce faire, nous avons utilisé des méthodes sensibles à l'eau, ayant différentes profondeurs de pénétration et différentes résolutions. Deux méthodes électriques sensibles à l'eau sont particulièrement étudiées : la méthode géoradar permettant de détecter la teneur en eau du sous-sol et la méthode des potentiels spontanés permettant de suivre la dynamique des écoulements. Concernant l'hydrogéologie,

le radar est utilisé comme une approche nouvelle par les chercheurs de l'équipe pour définir la profondeur, l'épaisseur et la teneur en eau de la zone capillaire non saturée située au dessus de la nappe phréatique (Figure 1). Le radar permet de mesurer des profondeurs allant de 2 à 50 mètres. Pour des profondeurs moins importantes, de quelques mètres à dizaines de mètres, on fait appel à la tomographie électrique et à la résonance magnétique protonique, tandis que l'Audio-Magnéto-Tellurie atteint des profondeurs de plusieurs dizaines de mètres à plusieurs kilomètres.

Quant aux mesures de potentiel électrique spontané, elles consistent à exploiter les différences de potentiels électriques créées par la circulation d'eau. Ces potentiels électriques sont liés à la migration des ions dans l'eau. Les différences de potentiel sont proportionnelles au gradient de pression, ce qui en fait une méthode de choix pour détecter les mouvements d'eau dans le sol, suivre sa distribution et son transport. Les mesures permanentes du potentiel spontané devraient permettre, par modélisation, de déduire les caractéristiques des aquifères perchés du bassin versant de la Soutte. Néanmoins, l'interprétation quantitative de ces signaux reste encore difficile car ils sont sensibles à de nombreux paramètres.



Figure 1

La géologie de ce petit bassin versant est complexe, plusieurs sources et ruisseaux se situent sur ce bassin et apparaissent le long de fractures volcaniques et à proximité de roches plutoniques altérées. Nous étudions ce site sur le long terme depuis 2004, par un suivi qui utilise des mesures en continu et répétées afin de suivre les processus hydrogéologiques.

Pour estimer un modèle hydrogéologique de porosité, conductivité de l'eau et teneur en eau, nous avons utilisé la méthode Audio-Magnéto-Tellurie par Source Contrôlée (CSAMT) et par courant continue (DC) pour réaliser un modèle 3D de résistivité électrique, avec une haute résolution et à grande échelle (de 10 à 200 mètres). Les zones de forte conductivité électrique ont été associées aux zones fracturées et altérées de forte porosité et teneur en eau. Nous avons déduit la possibilité de l'existence d'un aquifère à plus grande profondeur vers 90-100 mètres.

Les mesures de géoradar ont conduit à des estimations du contenu en eau dans la couche la moins profonde (0.1 à 3 mètres) et apportent des précisions sur les limites de l'aquifère superficiel. La partie issue de l'altération des roches a une épaisseur très variable (0 à 10-15 mètres). Pour faire une carte de l'épaisseur saturée de la zone altérée, nous avons utilisé le sondage par Résonance Magnétique des Protons (MRS) qui apporte des informations à une échelle intermédiaire (0.5-20 mètres). Cette approche permet également une estimation de l'épaisseur de l'aquifère perché et de sa porosité. Cela renseigne aussi sur l'épaisseur de la zone vadose à partir de la profondeur du toit de la zone saturée.

De plus, nous avons enregistré des mesures sismiques de surface et en puits. Nous avons enregistré des profils sismiques verticaux dans les cinq forages. Grâce à la combinaison des mesures en surface et en profondeur dans les forages on obtient une image des contrastes lithologiques et de l'interface entre la zone vadose et la zone saturée près des forages.

Nous développons aussi une méthode électromagnétique basée sur les conversions entre énergies mécanique et électromagnétique. Cette méthode sismo-électromagnétique couple la résolution spatiale des méthodes sismiques à la sensibilité des méthodes électriques au contenu en eau. Les signaux électromagnétiques sont engendrés par la propagation des ondes sismiques dans le sous-sol, par le mouvement relatif entre la roche et l'eau, lors du passage de l'onde sismique. On essaie de l'utiliser pour caractériser le contenu de réservoirs hydrologiques et le contenu en hydrocarbures de réservoirs pétroliers. Nous espérons détecter des couches de roches peu épaisses, ce qui n'est généralement pas possible par les autres méthodes. Le gros handicap de cette méthode est la faible amplitude des signaux attendus. Nous avons donc travaillé sur différentes méthodes de filtrage des signaux et proposé un filtrage dans le domaine

des curvelets. De plus, nous avons quantifié sur le terrain les variations de ces signaux en fonction de la teneur en eau, et proposé une loi reliant le champ électrique à l'accélération sismique en fonction de la teneur en eau.

Étude hydrogéophysique du bassin versant du Strengbach

Nous avons réalisé cette première étude en utilisant différentes méthodes géophysiques : gravimétrie, sismique, tomographie électrique, et géoradar.

Afin d'estimer l'épaisseur et la teneur en eau de la zone vadose, nous avons utilisé la méthode géoradar sur le bassin versant de Strengbach (Figure 2). Plusieurs profils ont été réalisés sur ce site en juin 2011. Les observations nous ont montré des réflexions radar provenant de fractures d'un granite altéré. La profondeur de ce granite varie de 5 à 12 mètres.



Figure 2

Le suivi temporel des stocks d'eau souterrains peut être fait par mesures répétées de la gravité. En effet, les variations de la gravité permettent de mieux évaluer les variations dans l'espace et dans le temps des réserves d'eau du sous-sol.

Cette méthode a été appliquée au petit bassin versant granitique du Strengbach pendant la saison inhabituellement sèche du printemps 2011. Cette étude s'est basée sur un réseau de 13 sites gravimétriques, mesuré à 11 reprises, de février à juin 2011, avec un gravimètre relatif. Une cohérence spatiale des variations a été observée, liée à la climatologie, à la nature hétérogène du sous-sol et au relief. Ce résultat préliminaire souligne l'intérêt potentiel de la microgravimétrie pour comprendre et contraindre le mouvement des masses d'eau dans un bassin hydrographique complexe.

Les taux d'érosion long-terme ont été pour la première fois quantifiés dans le bassin versant du Strengbach grâce aux analyses des isotopes cosmogéniques ^{10}Be et ^{26}Al . Des échantillons de sols, d'affleurement de socle et de sables de lit de rivière ont été prélevés en différents lieux du bassin versant, les crêtes, les fond de vallée et les versants, pour des mesures de la concentration en Béryllium 10. La production d'isotopes cosmogéniques dans les minéraux de la surface terrestre est fonction de différents paramètres que sont la variation de densité du sol lors de l'altération des roches de surface, la vitesse d'érosion locale (en fait la vitesse à laquelle les minéraux sont progressivement exhu-

més vers la surface), ainsi que des variations de couvertures temporaires (dépôts éoliens, développement de sols, etc).

L'analyse des échantillons montre que les concentrations obtenues sont semblables à des environnements similaires en Forêt-Noire où les taux d'érosion sont en moyenne équivalents aux taux d'exhumation moyen depuis le Miocène. D'autres analyses vont être poursuivies en particulier avec l'apport d'échantillons de sub-surface prélevés dans des tranchées le long des versants afin de caractériser plus finement l'évolution du bassin versant depuis le dernier maximum glaciaire (- 20 000 ans) et comparées avec des données indépendantes obtenues par d'autres méthodes, afin de mieux documenter la variation des taux d'érosion selon les versants et l'évolution temporelle des phases d'érosion péri-glaciaire et fluviale.

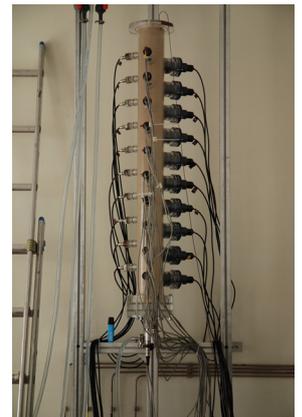
Pour estimer la répartition de l'eau dans le sous-sol, nous avons effectué des mesures de tomographie électrique. Il s'agit de sondages électriques consistant à mesurer en plusieurs points la différence de potentiel engendrée par l'injection d'un courant continu dans le sol ; ceci a permis d'établir des coupes transversales de la résistivité électrique des terrains sous-jacents jusqu'à environ 20-30 mètres de profondeur. La résistivité est sensible à la structure poreuse des roches ainsi qu'à sa teneur en eau et à la nature de l'eau. Aussi, les images obtenues à l'aide de panneaux réalisés le long de chemins et de layons dans les bois (espace inter-électrodes de 2 ou 5 mètres), ont permis de confirmer la différence de structure entre les versants Nord et Sud (Figure 3), avec des zones d'altération plus concentrées dans certaines zones des versants Sud. Ceci souligne l'intérêt d'imager la conductivité électrique du bassin versant dans des zones de circulation potentielle entre différentes profondeurs.

De plus, trois profils sismiques ont été acquis sur le bassin versant du Strengbach avec les collègues du LHyGeS dans le cadre d'une campagne pour déterminer des lieux potentiels des forages scientifiques.

Suivi des écoulements multiphasiques en laboratoire et développement de modélisation numérique

L'objectif est de mieux comprendre les processus physiques mis en oeuvre lors des écoulements de fluide, par des expérimentations en laboratoire et par leur modélisation. Ces résultats sont ensuite utilisés pour interpréter les observations de terrain.

Les eaux qui s'écoulent en continu dans les roches transportent un excès de charges résultant de l'interaction entre l'eau et les roches encaissantes. Ce sont ces déplacements de charges qui donnent naissance aux courants électriques. Ce phénomène, appelé électrofiltration, dépend des propriétés physico-chimiques de l'eau qui circule, telles que le pH, la conductivité, la nature des roches drainées, et la teneur en eau. Afin d'interpréter les observations de potentiel spontané sur le terrain en terme de circulation d'eau, il est nécessaire de bien quantifier ce couplage entre flux hydrique et flux électrique.



Colonne d'électrofiltration

Nous avons particulièrement travaillé sur l'étude de l'électrofiltration en condition non saturée, c'est-à-dire avec une teneur en eau variable (photo ci-dessus). Nous avons montré, grâce à des expériences de laboratoire menées conjointement par l'IPGS et le LHyGeS, que l'électrofiltration augmente fortement dans un premier temps lorsqu'un milieu se désature, puis qu'elle diminue par la suite lorsque la teneur en eau continue de diminuer. Nous avons montré que non seulement l'interface entre la roche et l'eau intervient dans ce processus, mais également les interfaces eau/air, qui sont elles-mêmes électriquement chargées.

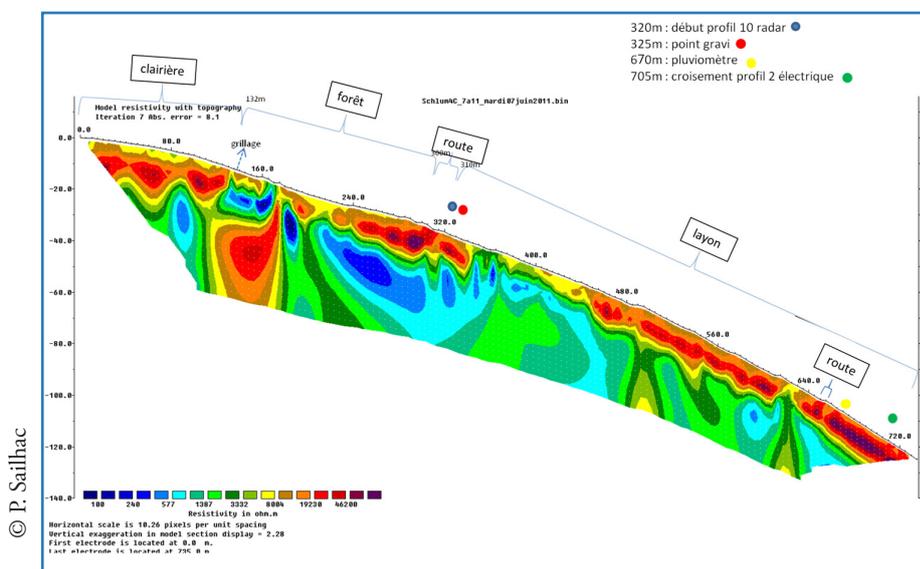


Figure 3 : Illustration d'une section électrique réalisée en juin 2011 sur le versant Sud (Fig. 28 du Rapport de Dubrigny Madeleine & Maganto Julie)

Dans les sols totalement ou partiellement saturés, les mélanges eau et air forment régulièrement des digitations. Le transport macroscopique de ces fluides et des polluants qu'ils peuvent transporter est impacté par la dynamique de croissance, de fragmentation, et de coalescence de bulles et de gouttes. Les forces capillaires visqueuses et les forces d'Archimède jouent des rôles complémentaires qui amènent potentiellement à des croissances de forme de grande échelle à partir de graines de désordre de petite échelle – la distribution des pores. La compréhension de ces phénomènes de transport bénéficie de la modélisation de ces phénomènes de fragmentation et coalescence,

obtenue sur des réseaux de pores. Les expériences sur des systèmes modèles, suivis optiquement ou par tomographie (en IRM, ou par ultrasons), servent à observer les instabilités, et à calibrer les modèles de transport.

Par ailleurs, on s'intéresse à la déformabilité des sols, qui peut jouer un rôle essentiel pour comprendre notamment les phénomènes de liquéfaction de sols, ou d'instabilité de berges, d'avalanches sous marines et d'érosion. Là également, nous mettons en œuvre une approche complémentaire de modélisation numérique et d'expériences de laboratoire.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Collaborations nationales

Thématique	Partenaires
Datation terrasses alluviales décalées par les décrochements (failles du Kunlun, de l'Altyn Tagh, de Fuyun - Chine).	IPG Paris Paris, coll. Y. Klinger
Taux d'érosion/incision Tian Shan	IPG Paris, coll. L. Barrier
Taux raccourcissement Kunlun occidental	IPG Paris, coll. M. Simoes
Datation et mesures $^{10}\text{Be}/^{26}\text{Al}$	CEREGE, Aix en Provinces, coll. L. Benedetti, D. Bourles, R. Braucher,
Campagne de mesures à la Soufrière- Guadeloupe	Association du parc Magneto Tellurie de l'INSU

Collaborations internationales

Thématique	Partenaires
Écoulements multiphasique, fracturation	Département de Physique de l'Université d'Oslo
Liquéfaction, transformations physico chimiques de milieux poreux	Université de Jérusalem
Évolution de milieux poreux pendant les écoulements	Université de Mainz, Université de Glasgow
Étude stratigraphique et diagraphique des puits du bassin versant de la Soutte	INAH, Mexico
Chronologie d'incision du fleuve Kizilirmak le long de la faille Nord Anatolienne.	Département de Géographie, Université de Liège, Belgique, coll. A. Hubert-Ferrari
Chronologie de terrasses alluviales faillées le long de l'Est Himalaya (Assam)	Earth Observatory Singapore, coll. P. Tapponnier
Datation de terrasses alluviales sur la faille de l'Altyn Tagh	Institut de Geologie, Chinese Academy of Geological Sciences Beijing, coll. Li Haibin, Pan Jiawei
Datation de terrasses alluviales décalées par les failles	Institut de Geologie, China Earthquake Administration, Beijing, coll. Xu Xiwei
Chronologie de l'incision fluviale au Nord et Est Tibet	Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, coll. Liu Jing

Post-doctorants invités grâce aux équipements obtenus et/ ou aux collaborations développées dans le réseau

- Michael Niebling, Département de physique, Université d'Oslo - étude d'écoulements en milieu poreux déformable, 2010
- Georg Koval, Institut Navier, Univ. Paris Est - ANR étude de suivi d'avalanche, 2008
- Anke Spickermann, Université d'Utrecht - ANR étude de liquéfaction, 2012
- Vincent Allègre, Université de Strasbourg - ANR, étude couplages flux hydrique/flux électrique, 2011

Chercheurs invités grâce aux équipements et/ ou aux collaborations développées dans le réseau

- Pr. Knut Jorgen Maloy, Oslo. Étude de séquestration de gaz et écoulements multiphasiques, ainsi que de processus de fracturation de roches, 5 mois.
- Pr. Ernesto Altshuler, Faculté de physique de l'Université de la Havane, Cuba. Études d'avalanches et de liquéfaction, 2 mois.
- Pr. Eirik Flekkoy, Département de physique, Université d'Oslo. Étude d'écoulements en milieu poreux déformable, 1 mois.
- Jianzhao Yan, Acad. Sci. Pékin. Étude expérimentale d'écoulements multiphasiques en milieu poreux, 2 mois.
- Jan Ludvig Vinningland, Institut de recherche IRIS, Norvège. Érosion des sols, 1 mois.
- Oistein Johnsen, Institut Norvégien de Géotechnique. Étude d'injection de fluides en roches réservoir, 1 mois.
- Pr José Ortega, INAH de Mexico. Étude stratigraphique et diagraphique des puits du bassin versant de la Soutte, 1 mois.

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Type de contrat et partenaires
Des bassins versants au bassin sédimentaire : dynamique du relief aux échelles de temps géologiques ; exemple de la chaîne du Kunlun occidental	Projet INSU. Reliefs de la Terre, IPG Paris, CRPG Nancy, CAGS Beijing China, 2007
Cinématique récente de l'extension au Sud du Tibet, vitesse des failles normales et décrochantes dextres associées	Projet INSU. Fluide-Faille-Flux IPG Paris, ITPR Beijing Chine, CEA Beijing Chine, 2008
Cinématique de l'extension continentale, approche multi-méthode appliquée au plateau du Tibet (Chine)	Projet PICS CINETIBET. ITPR, Chine. Institute of Tibetan Plateau research, Chinese Academy of Sciences, Beijing, Université de Lyon 1, Laboratoire de Géologie de Lyon, 2012
Failles actives et séismes à l'intérieur du plateau du Tibet : de la déformation instantanée à la déformation cumulée long-terme	Projet de recherche Franco-Chinois (PRA Egide) IPG Paris, UCB Lyon 1, ITPR Beijing Chine, CEA Beijing Chine, 2007-2008
Monitoring microsismique des avalanches	ANR LANDQUAKE. LAMA, IPGP, LPGN (Nantes), 2012-2015
Conversions sismo-électriques	ANR TRANSEK. Université de Pau et des pays de l'Adour, Isterre-Grenoble, 2009-2012
TransFlow, Flow in Transforming Porous Media	Projet européen ITN (Initial Training Network). Université de Glasgow, d'Hebrew, de Münster, d'Oslo, de Warsaw, Copenhagen, Isterre-Grenoble; partenaires privés: PetroMarker, IEI Israel Energy Initiative, Iris, Magnitude, Amphos, CSIRO, 2013-2016

Responsables de l'observatoire : Marie-Claire Pierret (Phys. A. Uds) et Daniel Viville (CR CNRS)

Autres membres de l'équipe : Sylvain Benarioumlil (AI CNRS), François Chabaux (PU Uds), Solène Cotel (IR CNRS), Colin Fourtet (TC CNRS), Pascal Friedmann (TC CNRS), Sophie Gangloff (AI CNRS), Peter Stille (DR CNRS)

Les résultats scientifiques

Appréhender comment le milieu naturel réagit face à des perturbations anthropiques correspond à la fois à des enjeux sociétaux et à des enjeux scientifiques de première importance, notamment pour prédire les modifications futures de notre environnement. Pour cela il est essentiel, d'une part d'étudier et de comprendre le fonctionnement des écosystèmes naturels (et en particulier les interactions complexes atmosphère/eau/sol/plante), et d'autre part, d'identifier les processus mis en place face aux changements naturels ou anthropiques.

L'OHGE est un Service National d'Observation labélisé par le CNRS, intégré au Réseau de Bassin Versant français RBV et reconnu par Allenvi (Alliance Nationale de Recherche pour l'Environnement). Il est inséré également dans des réseaux au niveau européen (SOILTREC) et international (CZEN). Son site d'observation est le bassin versant du Strengbach (massif vosgien), un des plus anciens écosystèmes forestiers sur granite suivi en France et dans le monde. Les mesures hydrologiques, géochimiques et météorologiques y sont continues depuis 1986.

Les principaux objectifs scientifiques de l'OHGE sont la connaissance et l'interprétation des cycles de l'eau et des nutriments, ainsi que du fonctionnement des écosystèmes et de leurs réponses face aux perturbations naturelles et anthropiques (pluies acides, sylvicultures, changements climatiques,...).

Dans cette optique, nos travaux se focalisent sur l'étude de l'interface atmosphère/eau/sol/plante (échanges et processus qui s'y produisent), la caractérisation du transport dissous et sédimentaire, l'étude de l'altération chimique et de l'érosion, la connaissance et la compréhension du réservoir profond (lithologie et masse d'eau) et enfin la modélisation hydro-bio-géo-chimique. Cette dernière étape est fondamentale pour pouvoir évaluer et prédire les évolutions futures des écosystèmes.

Plus de 500 analyses d'eaux naturelles ainsi que des études de sols, végétaux, sédiments, roches, matières en suspension sont réalisées chaque année. Les recherches sont multidisciplinaires, internationales et développent des projets

et des collaborations transverses (géochimie, géophysique, hydro(géo)logie, minéralogie, écologie, modélisation, ...).

Les différentes missions que se fixe l'OHGE s'orientent autour de 4 axes principaux :

- être un observatoire du milieu naturel et mettre à disposition les données acquises,
- être un laboratoire naturel opérationnel servant de support pour des travaux de recherche,
- être un site permettant de tester et valider de nouveaux traceurs, outils et modèles,
- être un outil de formation dans les différents niveaux universitaires (Licence, Master, Doctorat), ainsi que pour un public plus large (décideurs, grand public et scolaires).



Le bassin versant du Strengbach

Le bassin versant expérimental du Strengbach est un écosystème forestier de 80 ha, situé en moyenne montagne (880 à 1100 mètres d'altitude) dans le département du Haut Rhin (commune d'Aubure). La forêt couvre 85 à 90 % de la surface du site dont 80 % d'épicéas et 20 % de hêtres. La forêt présente des symptômes de dépérissement observés depuis les années 80, se traduisant par un jaunissement des aiguilles et une défoliation visible sur les épicéas et les sapins. Le taux moyen de dépérissement est compris entre 25 et 60 % (classe III de pertes d'aiguilles, notation ONF). Le dépérissement est dû à des carences en calcium et surtout en magnésium.

Le site est constitué de trois unités géologiques : un granite acide dit du Brézouard à cordiérite (principal faciès), un gneiss à silimanite et un microgranite. Le climat est de type océanique montagnard et l'essentiel des précipitations est apporté par des dépressions atlantiques. En moyenne 20 à 25 % de ces précipitations sont sous forme de neige, de décembre à avril. La température annuelle moyenne est de 6°C.

Le pH moyen des pluies est acide et a évolué depuis 20 ans passant d'une moyenne d'environ 4,5 en 1986 à 5,5 en 2013.

Monitoring, prélèvements et archivage

L'OHGE échantillonne et analyse (éléments majeurs et traces), chaque quinzaine, des eaux naturelles avec un total d'environ 400 échantillons/an (pluies, neige, pluviollessivats, solutions de sol, ruisseaux, source, piézomètres). A ces prélèvements réguliers, s'ajoutent plusieurs centaines d'échantillons dans le cadre de projets de recherche plus ponctuels, portant à plus de 600 les échantillons analysés. Une quinzaine de sources et ruisseaux sont actuellement suivie sur le site de l'OHGE (Figure 1).

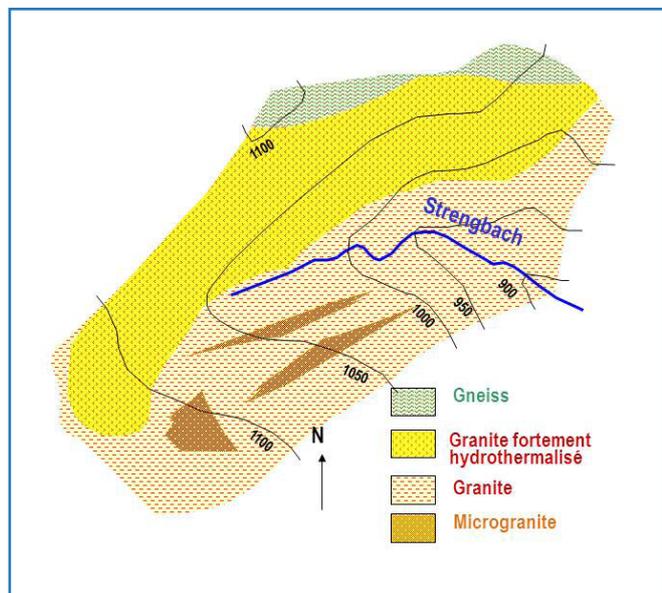
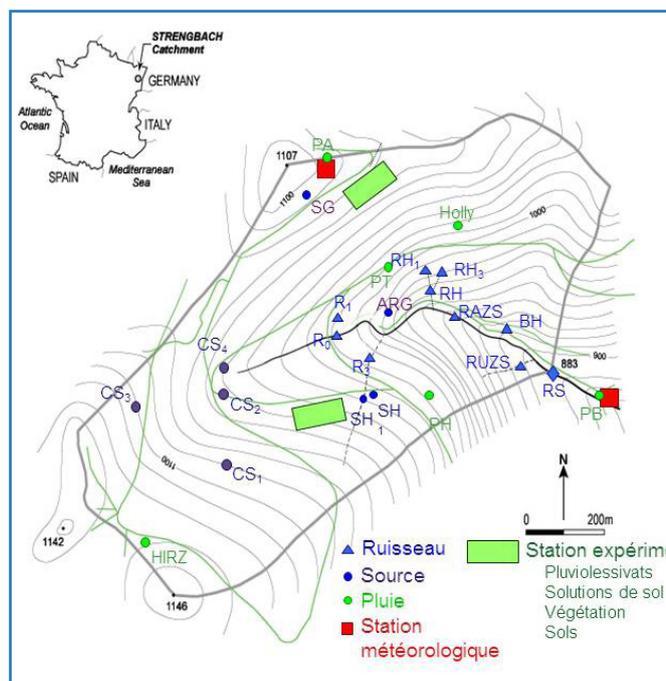


Figure 1: en haut : Carte topographique du bassin versant du Strengbach avec localisation des stations de mesures et des sources et ruisseaux étudiés
En bas : Carte géologique

Un protocole fixe et exigeant a été validé pour l'échantillonnage (type de contenant, mode de prélèvement, conditionnement) et le traitement (filtration, acidification, conservation).

Les sols, les végétaux, les litières, les solutions de sols, les pluviollessivats sont échantillonnés et étudiés régulièrement sur deux parcelles expérimentales représentatives du bassin versant, toujours selon des protocoles fixes et validés. Nous avons installé, en 2008, des filets à litières, et en 2009 un piège à sédiments. Les matières en suspension sont quantifiées chaque mois. Nous avons deux fosses pédologiques permanentes que nous entretenons.

Les paramètres climatiques (température, humidité, vitesse et direction des vents) et la pluviosité sont enregistrés en continu (numériquement et graphiquement) sur deux stations situées à un sommet et au bas du bassin versant. Les débits sont mesurés en continu à l'exutoire et ponctuellement sur divers ruisseaux et sources du bassin.

Les pluies et les pluviollessivats sont échantillonnés et analysés chaque quinzaine. En 2008, nous avons conçu de nouveaux collecteurs de pluie pour améliorer la qualité de l'échantillonnage tout en répondant aux exigences du site (conditions météorologiques difficiles). Différents collecteurs d'aérosols atmosphériques (collecteurs de poussières et pièges pour aérosols organiques comme les HAP et les PCB) ont été installés.

Bilan scientifique

Les recherches initiales développées autour du site du Strengbach visaient à comprendre et à évaluer l'impact des dépôts acides sur le dépérissement forestier et l'acidification des sols et des cours d'eau. L'orientation des recherches actuelles consiste à comprendre le fonctionnement hydro-géochimique d'un écosystème forestier dans son ensemble et notamment à l'interface atmosphère/eau/sol/plantes, d'identifier et de quantifier les processus responsables des transferts d'éléments au sein et entre les différents compartiments.

Les projets qui sont menés cherchent à évaluer l'impact des perturbations (naturelles ou anthropiques) sur cet écosystème, notamment en développant de nouveaux traceurs géochimiques (B, Li, Ca, Mo, séries U-Th) et de nouveaux outils de modélisation. Depuis 2010, un effort particulier a été porté sur des études géophysiques, afin de mieux caractériser la structure du système et la réserve en eau du milieu (gravimétrie, potentiel électrique, georadar, RMP). Fin 2012, trois forages ont été réalisés sur le versant Nord du bassin versant.

Un premier forage carotté de 120 mètres au sommet du versant permet d'avoir accès à la séquence lithologique qui va du gneiss au faciès granitique plus ou moins fracturé du

granite. Il s'agit notamment d'identifier les unités lithologiques, leurs caractéristiques physiques (granulométrie, porosité, densité), chimiques (élémentaires et isotopiques) et minéralogiques. Deux autres forages destructifs d'une cinquantaine de mètres permettent, en complément du premier, d'étudier le stock d'eau, de caractériser les eaux profondes et le fonctionnement hydrologique.

Un des objectifs est d'aboutir à une modélisation intégrée du fonctionnement hydro-géochimique afin de pouvoir, à terme, prédire ses évolutions futures. Cette étape est essentielle pour disposer de modèles numériques fonctionnant à plus grande échelle.

Les résultats sur l'étude des eaux

Depuis 2004, nous avons développé une politique de suivi de l'ensemble des ruisseaux et des sources, en complément du suivi de l'exutoire continu depuis 1986. Cette étude a montré une forte hétérogénéité physico-chimique à l'échelle du bassin versant avec néanmoins une distinction des sources selon leur emplacement géographique (Figure 2).

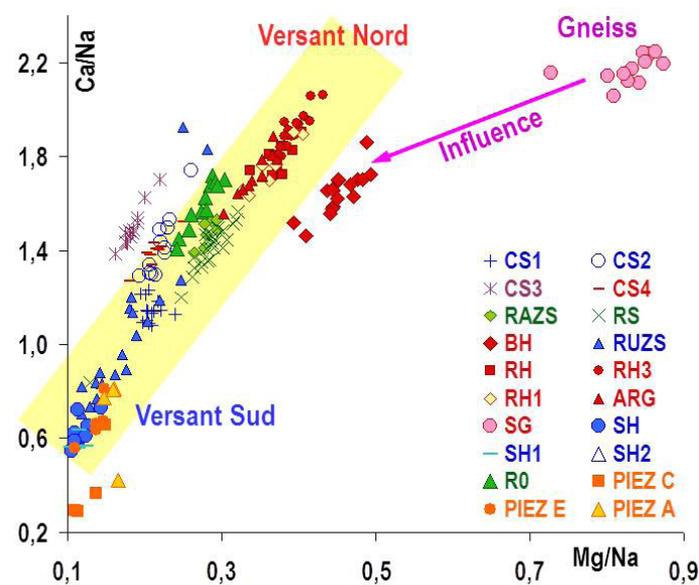


Figure 2 : Rapports Ca/Na en fonction des rapports Mg/Na dans les sources, les ruisseaux et les piézomètres (situés dans la zone humide en fond de vallon dans le versant sud) du bassin versant du Strengbach. On observe une différenciation liée à la localisation géographique avec des rapports plus faibles pour les eaux provenant du versant sud. La source SG, circulant sur le gneiss se caractérise par des teneurs en Mg et des rapports Mg/Na clairement plus élevés. Les variations géochimiques sont liées à la lithologie et en particulier à la dynamique des phases secondaires.

Les eaux du versant Nord sont par exemple plus riches en calcium (Ca) et magnésium (Mg) que celles du versant Sud. Ceci est lié aux différences lithologiques entre les deux versants.

Étude de la variabilité spatiale et temporelle des eaux de surface, lien avec les processus d'altération, avec l'activité biologique et le trajet de l'eau. Étude des transferts atmosphère/eau/sol/plantes

Ces travaux se sont appuyés aussi sur le développement de nouveaux traceurs comme les isotopes stables du calcium (Cenki Tok et al., 2009), du bore (Cidivini et al., 2009), du lithium (Lemarchand et al., 2009 ou des déséquilibres U-Th (Prunier, 2008, Pierret et al., submit).

Pour la première fois, il a été réalisé un suivi temporel sur trois années hydrologiques (2004-2007) de l'ensemble des sources et des ruisseaux du bassin versant, ainsi que des solutions de sols. Le réservoir biosphère a également été étudié via l'analyse de ses différents compartiments (racines, bois, branches, feuilles). Un profil de sol de chacune des parcelles expérimentales a été étudié (minéralogie, chimie, isotopes Sr, B, Ca, Li, U-Th-Ra) sur fraction totale et fractions séparées pour quelques profondeurs de transitions.

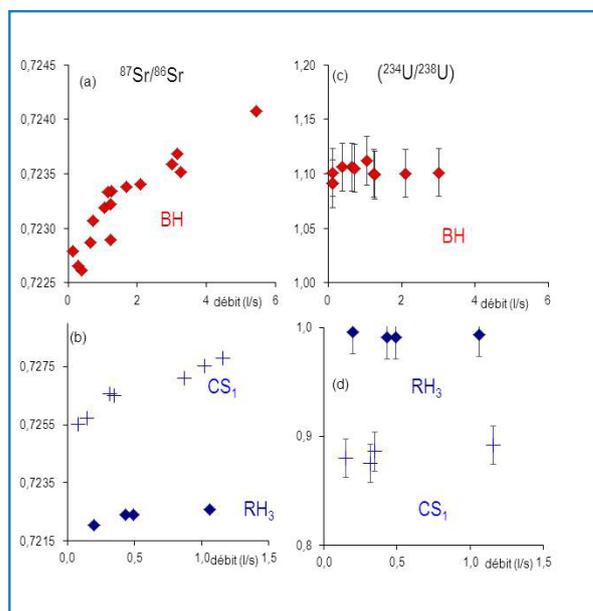


Figure 3 : On observe des variations temporelles liées au débit et donc aux conditions hydrologiques pour les concentrations élémentaires et les compositions isotopiques en strontium (Sr) (figure a et b). Ces variations peuvent s'expliquer par le temps de contact eau/roche et une augmentation de la contribution de l'échangeable à bas débit. A l'inverse les rapports d'activité en uranium (U) sont constants pour chacune des sources (figure c et d). Ceci ne peut s'expliquer que par le fait que l'eau circule dans des fractures, selon des chemins préférentiels pérennes.

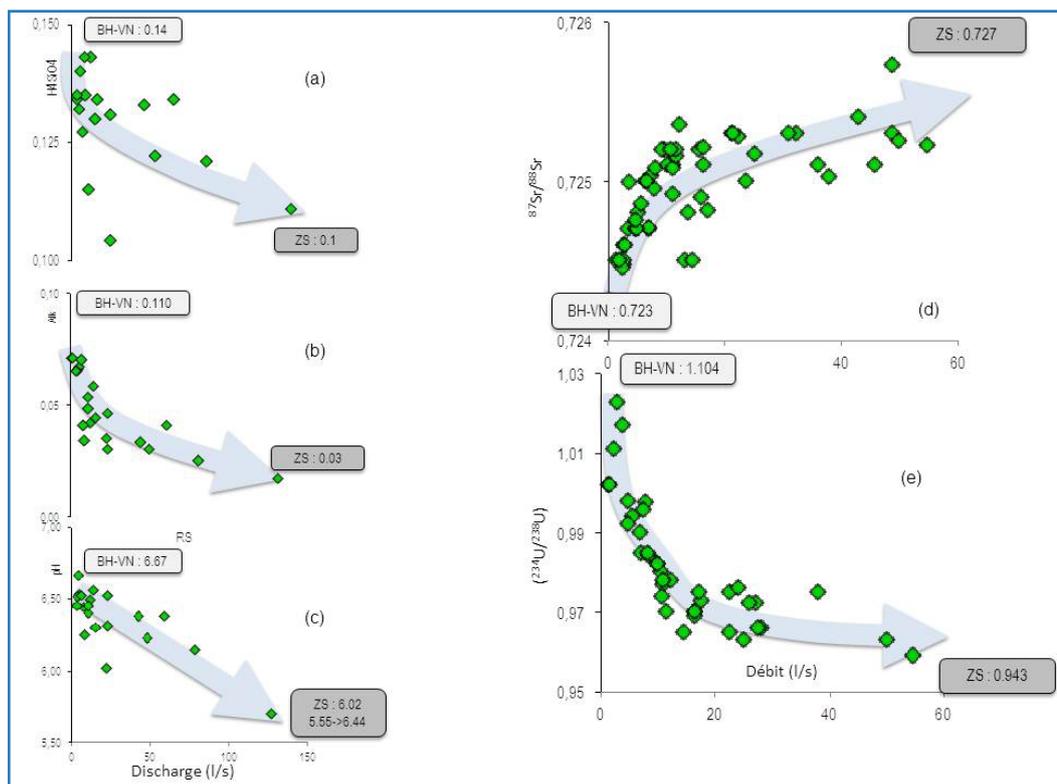


Figure 4 : Variations de plusieurs paramètres géochimiques en fonction du débit à l'exutoire du bassin versant. (a) la teneur en silice, (b) l'alkalinité, (c) le pH, (d) les compositions isotopiques en Sr et (e) les déséquilibres de l'uranium. A haut débits la contribution de la zone saturée (symbolisée par ZS) augmente alors qu'à bas débit c'est celle de la source BH du versant nord (BH-VN).

L'ensemble de ces travaux a montré le rôle primordiale joué par la dynamique des phases secondaires (argiles, oxydes) dans la géochimie des eaux. Il a été ainsi mis en évidence que certains traceurs comme les isotopes du lithium ne sont pas affectés par l'activité biologique et reflètent principalement les processus d'interaction eau/roche. Ainsi le trajet de l'eau, les niveaux rencontrés (roches plus ou moins altérées) et le temps de résidence sont des paramètres qui vont fortement influencer la signature des eaux. Par contre d'autres isotopes comme le calcium ou le bore sont influencés aussi par l'activité biologique, surtout dans les horizons du sol.

Le rôle des colloïdes et leur nature (colloïdes organiques ou minéraux) a également été mis en évidence pour expliquer la signature des solutions de sols. Le suivi temporel des isotopes de l'uranium dans les sources montre que les eaux circulent à travers des chemins préférentiels (fissures, larges fractures – Figure 3). Ces études montrent que la contribution des différentes sources et ruisseaux varient en fonction de l'état hydrologique du système : à hautes eaux, la contribution de la zone humide en fond de vallon augmente alors qu'à bas débits, ce sont les sources du versant Nord qui contribuent davantage (Figure 4).

Les apports de la géophysique

Depuis 2010 des campagnes de mesures géophysiques combinant différents outils (géoradar, mesures électriques, sismique réflexion, lidar aéroporté, gravimétrie, RMP) ont été effectuées. Plusieurs de ces missions ont été financées par le réseau REALISE. Les objectifs de ces différents outils consistent à contraindre la structure du sous-sol et à

identifier les zones de stockage et de circulation des eaux à l'échelle du bassin versant. Ces données sont encore mal connues, alors que cette connaissance est essentielle pour spatialiser et modéliser.

La mesure répétée d'un réseau gravimétrique permet le suivi des stocks d'eau souterrains (Figure 5). Cette méthode a été appliquée au bassin versant granitique du Strengbach pendant la saison inhabituellement sèche du printemps 2011. L'étude est basée sur un réseau de 13 sites gravimétriques mesuré à 11 reprises, de février à juin 2011, avec un gravimètre relatif. Les variations temporelles sont fortement variables d'une station à l'autre. Néanmoins, une cohérence spatiale des variations peut être observée, liée à la climatologie, la nature hétérogène du sous-sol et le relief. Différentes zones ont été mises en évidence, impliquant des processus d'écoulement, de stockage et un fonctionnement hydrologique différent. Sur le versant sud, le transfert d'eau serait plus rapide avec un stockage d'eau plus faible. La période d'étude se caractérise par un déficit hydrologique et donc un diminution globale de la gravité sauf pour les zones de fond de vallon qui montrent un effet de saturation.

Des mesures de géoradar ont permis d'établir des profils en profondeur montrant des réflexions provenant des fractures d'un granite altéré. La profondeur de ce granite varie de 5 à 12 mètres. Ces résultats illustrent la grande hétérogénéité spatiale de ce bassin avec une structure du granite qui est globalement assez fracturée mais avec des densités de fractures très variables géographiquement. Il semblerait néanmoins que le versant Nord soit plus fracturé.

Les sondages électriques montrent l'existence de zones conductrices localisées en profondeur et des horizons de surface globalement peu conducteurs. Ainsi, l'eau de pluie s'infiltrerait rapidement dans des sols relativement poreux et cette eau serait stockée ensuite dans des zones localisées plus profondément (fractures, fissures, réservoirs) (Figure 6).

L'interprétation de ces mesures géophysiques récentes est encore en cours. Mais leur combinaison nous permettra d'une part, d'établir un schéma 3D de la structure et d'autre part, de déterminer la dynamique hydrologique profonde à l'échelle du bassin versant.

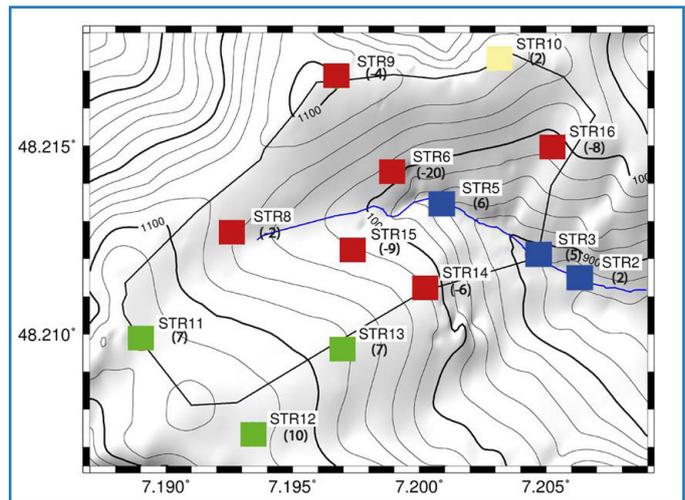


Figure 5 : Etudes gravimétriques, variations spatiales et temporelles de pesanteur. Différentes zones peuvent être mises en évidence. La partie supérieure du versant sud (vert) se caractérise par un transfert d'eau plus rapide et un plus faible volume du stockage d'eau. Une diminution de la gravité a été observée (rouge) dans l'ensemble du bassin versant liée à une période de déficit hydrique. La zone de fond de vallon (en bleu) montre une augmentation de la gravité liée à un effet d'accumulation et de saturation.

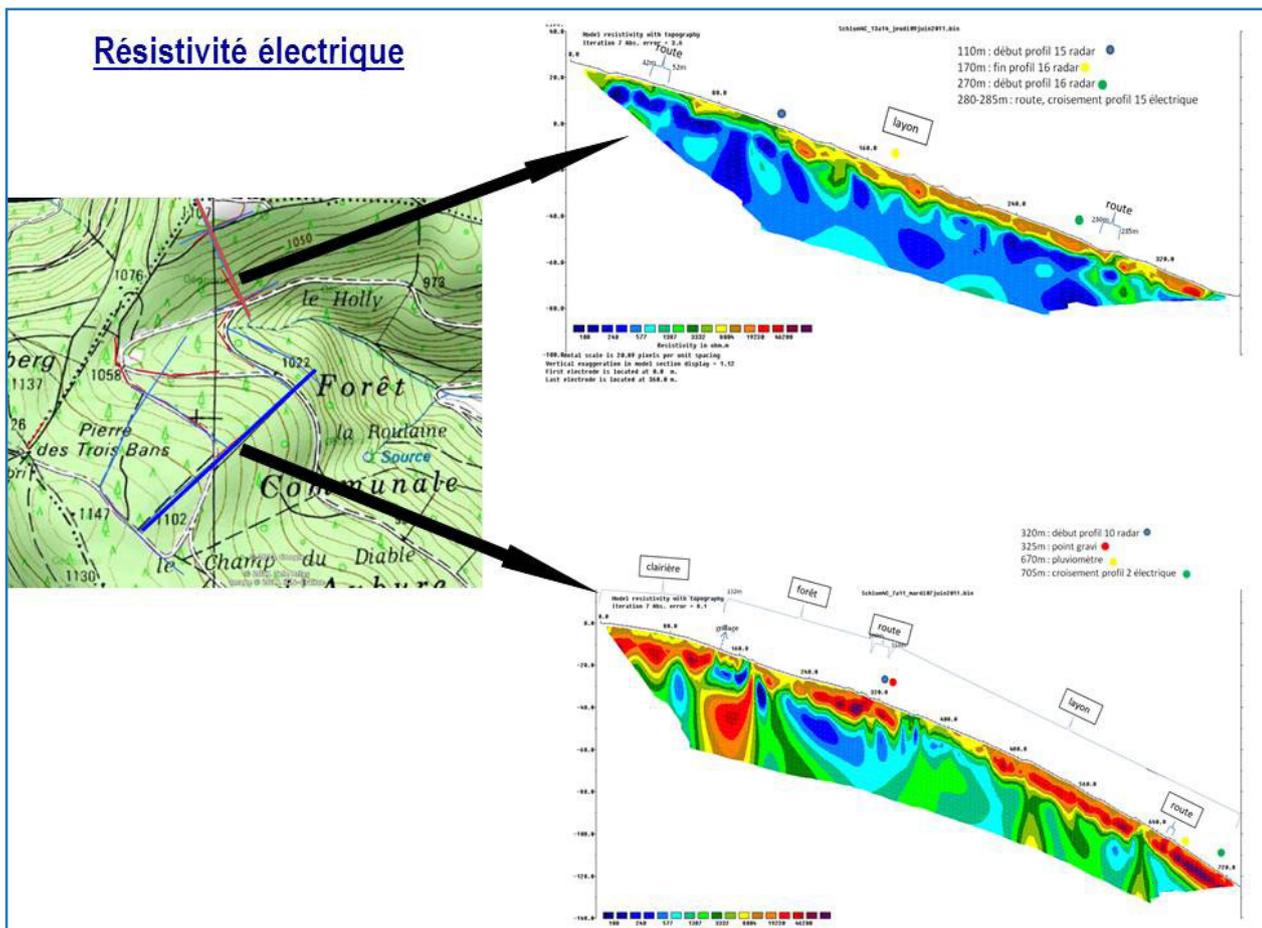


Figure 6 : deux profils de résistivité électrique. Les zones bleues sont conductrices, les zones rouges sont résistantes. Le stock d'eau sur le versant Nord semble plus important en profondeur.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Collaborations nationales et internationales avec des équipes de Nancy (CRPG et INRA), Besançon (Université), Rennes (CAREN), Toulouse (LMTG), Paris (IPGS, BioEMCo), Grenoble (LTHE), Montpellier (geosciences), BRGM à Orléans, Bern, Suisse (Université- Groupe Isotopengeologie), University of Maine, USA (Climatic Change Institut).

L'OHGE est à la fois inséré dans des réseaux de recherche régionaux (REALISE), nationaux (RBV) et internationaux (CZEN, SOILTREC). Par ailleurs, les recherches qui s'appuient sur le site du bassin versant du Strengbach sont multidisciplinaires impliquant des collaborations transverses (géochimie, hydrologie, minéralogie, écologie, modélisation, ...).

Post-doctorants invités grâce aux équipements obtenus et/ ou aux collaborations développées dans le réseau

- Anne Sophie Tabaud : Caractérisations minéralogique, géochimique, physique, structurale et pétrographique des faciès de surface et profond du bassin versant du Strengbach, 8 mois en 2013.
- Marie-Laure Bagard : Étude géochimique et isotopique (Li) des phases d'altération dans une carotte du bassin versant du Strengbach, 6 mois en 2013
- Harold Huges : Processes controlling the B, Li and Si cycles in a forest watershed (Strengbach, Vosges) : a combined isotope approach. 18 mois en 2013-2014.

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Type de contrat et partenaires
Soil Transformations in European Catchments – SoilTrEC	Collaborative Project : Large Scale Integrating Project (IP). FP7 Cooperative Work Programme 2009). Validate by the European Commission, 2009-2012
Étude expérimentale et modélisation du fonctionnement hydrologique du bassin versant du Strengbach	Projet soutenu pour le conseil scientifique de l'Université de Strasbourg, 2009
Dynamique hydrogéochimique d'un bassin versant à l'échelle décennale	Programme EC2CO/BIOHEFECT, 2013-2014

Directeur du Laboratoire de 2009 à 2013 : Daniel Huss (PU Uds)

Directrice du Laboratoire depuis 2013 : Christelle Roy (DR CNRS)

Responsable de l'équipe «Radiochimie» : Rémi Barillon (PU Uds)

Autres membres de l'équipe : Mireille Del Nero (CR CNRS), Catherine Galindo (IR CNRS), Olivier Courson (IR CNRS)

Les résultats scientifiques

Chimie de l'environnement et étude de spéciation directe des éléments

Lorsqu'un polluant de type métal lourd est rejeté dans un milieu naturel, il subit rapidement une redistribution entre les phases aqueuse, minérale et nano-particulaire (colloïdale) du milieu selon sa capacité à former des espèces chimiques avec les différents ligands organiques et inorganiques présents dans ces compartiments. Son devenir, sa mobilité, sa biodisponibilité et son impact environnemental dépendent de la nature, structure, stabilité et charge des espèces chimiques formées, c'est-à-dire de sa spéciation (voir encadré).

Les interfaces eau/(nano)particule minérale sont omniprésentes dans les milieux naturels et certaines phases de type argile, hydroxyde de fer ou aluminium, exhibent une réactivité chimique de surface telle qu'elles piègent à l'interface les métaux, ligands et molécules organiques ou inorganiques présents dans l'eau, contrôlant le devenir de ces derniers dans la géosphère. Les surfaces des minéraux du sol immobilisent les éléments à plus ou moins long terme dans les sols, alors que celles des colloïdes favorisent la mo-

bilisation et la dissémination des éléments dans le milieu, les colloïdes piégeant les éléments étant potentiellement transportables en suspension par les eaux naturelles. En particulier, on sait que les métaux lourds sont principalement transférés de l'eau des sols à la surface de (nano) particules minérales par co-adsorption avec des ions phosphate ou des acides organiques naturels complexes.

Ces divers processus qui régulent le comportement de métaux lourds dans l'environnement ne sont pourtant pas pris en compte dans les modèles prévisionnels par manque de connaissances sur les espèces formées à l'interface.

Des chercheurs du groupe de Radiochimie de l'IPHC mènent des études de spéciation directe des métaux, des ligands organiques et inorganiques aux interfaces dans des systèmes modèles ou échantillons naturels. Les études réalisées dans le cadre du réseau REALISE se sont focalisées sur la compréhension des mécanismes et l'identification des espèces mis en jeu lors du piégeage aux interfaces de métaux, du phosphate et d'acides organiques simples dont les rôles sur la spéciation des éléments sont prépondérants dans les sols.



Dans l'environnement, un élément participe à une multitude de réactions chimiques, biochimiques et biologiques qui régissent ses flux de transfert depuis la géosphère (l'eau, les minéraux, les nanoparticules minérales, les matières organiques), jusqu'au vivant (plantes et microorganismes). Un milieu naturel, tel qu'un sol ou un sédiment par exemple, est un macrosystème dynamique unique dans lequel un élément se présente sous de multiples formes physico-chimiques ou espèces, et dont la nature et la distribution sont propres aux conditions du milieu.

Déterminer les différentes formes de l'élément, c'est effectuer sa **spéciation**, qui seule fournit l'information de la mobilité et la biodisponibilité de l'élément et par là-même, dans le cas d'un polluant métallique ou autre micropolluant émergent, de sa toxicité et de son impact environnemental à court et à long terme.

Le concept de spéciation est aujourd'hui au cœur des études menées en chimie de l'environnement, où la priorité n'est plus de mesurer la concentration d'un élément chimique mais de développer des modèles de spéciation prévisionnels permettant d'appréhender le devenir de l'élément en milieu naturel et de comprendre son cycle biogéochimique. Ces modèles prévisionnels doivent être alimentés à l'amont par des études de spéciation directe des éléments dans des systèmes modèles et des échantillons naturels.

Ces études réalisées à l'échelle moléculaire ont permis d'identifier la nature et la structure des espèces formées aux interfaces, et ont levé le verrou technique de l'identification *in-situ* des espèces, en particulier pour des métaux présents à l'état de trace dans l'environnement. L'existence de la plate-forme analytique performante du groupe, renforcée récemment par l'acquisition d'un spectromètre de masse hybride à haute résolution, permet aujourd'hui de développer un thème qui est émergent au niveau international : l'influence sur la mobilité du métal, et sa spéciation en solution et aux interfaces, des acides organiques complexes tels que les acides humiques ou fulviques qui sont omniprésents dans les sols mais dont les compositions, structures et réactivités sont peu connues.

Ces études, à la pointe des recherches menées dans le domaine de la spéciation dans l'environnement, ont pour enjeux et applications l'évaluation fiable de la dissémination d'un polluant potentiel depuis le sol, comme un métal ou le phosphate des engrais, jusqu'aux eaux de surface et de consommation, de la capacité du sol à le piéger, et de l'impact environnemental lié à son rejet dans le sol.

Dans un concept de pluridisciplinarité scientifique, des voies de recherche innovantes se mettent en place avec des biologistes et des géochimistes du réseau REALISE sur le comportement de bio-ligands (voir encadré) ou de micro-polluants organiques dans l'environnement.

Spéciation/mobilité du phosphate et des métaux lourds dans les sols

Les observations réalisées sur les milieux naturels – et qui sont aisément reproduites en laboratoire (Figure 1a) – montrent que la présence de phosphate dissous dans les eaux du sol favorise la rétention des métaux lourds à la surface de phases minérales telles que les (oxyhydr)oxydes de fer et d'aluminium ; avec pour conséquence, une accumulation conjointe du phosphate et des métaux sur les minéraux constitutifs du sol et/ou les phases minérales de taille colloïdale présentes dans les eaux. Selon leur charge et potentiel de surface, les colloïdes qui ont piégé le phosphate et les métaux (appelés pseudo-colloïdes) s'agrègent et contribuent à l'immobilisation des éléments en étant piégés dans la porosité des sols, ou bien ils sont transportés à l'état dispersé, c'est-à-dire en suspension, par les solutions du sol et deviennent un vecteur important de la dissémination du phosphate et des métaux lourds jusqu'aux eaux de nappe et de consommation. Ainsi, le processus de co-rétention phosphate - métal lourd sur les (nano)-particules minérales est intéressant à plus d'un titre car il détermine le degré d'impact d'une pollution en métaux lourds d'un sol sur la chimie des eaux, et joue un rôle dans la régulation du phosphate dans les sols, qu'ils soient agricoles ou non.

La capacité de rétention d'un sol observable sur le court terme pour le phosphate/les métaux est-elle durable ?

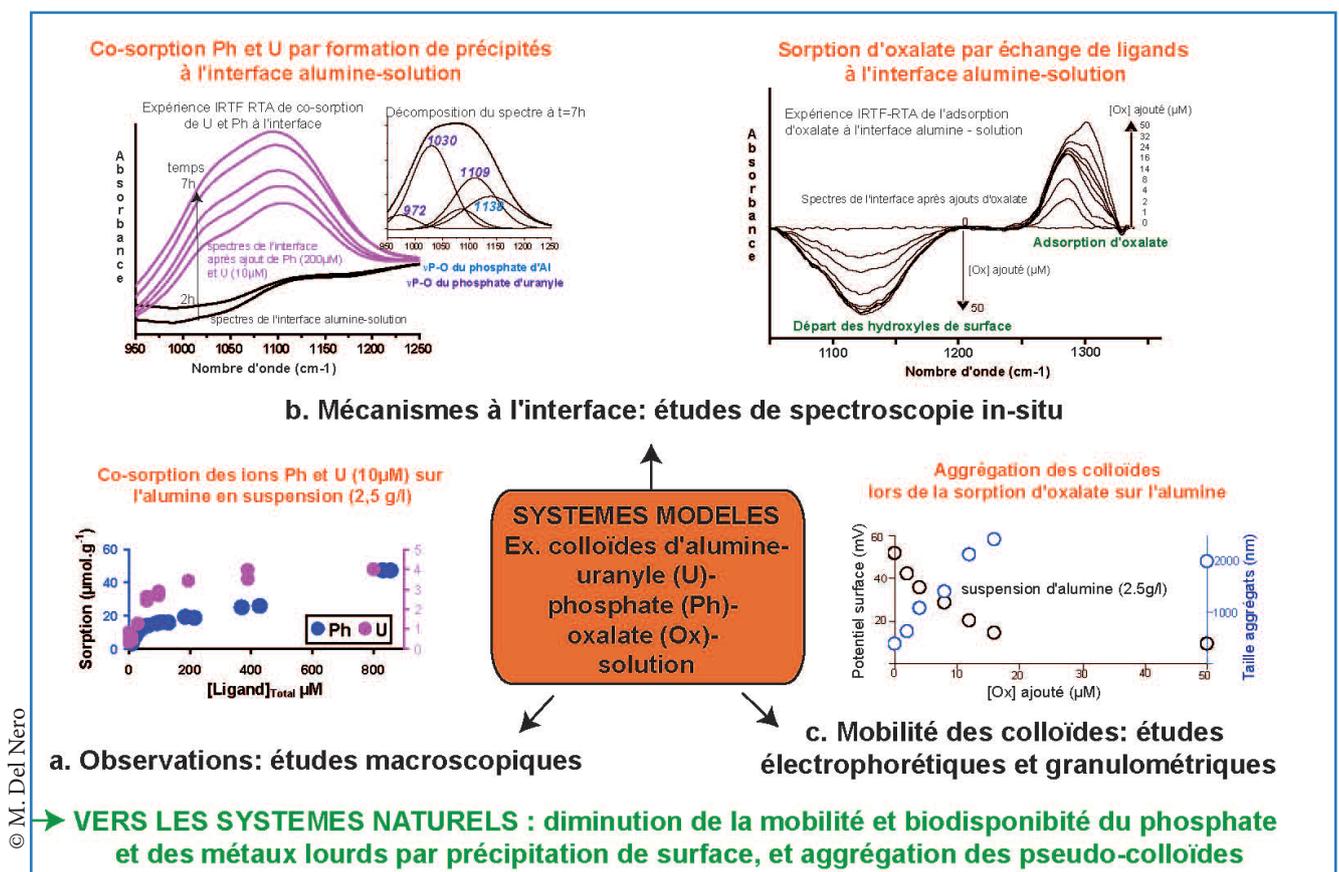


Figure 1 : Illustration de la démarche et des résultats de l'étude sur la co-rétention de métaux lourds et du phosphate sur la phase minérale des sols

La concentration en acides organiques simples des sols influence-t-elle significativement cette capacité ? Les éléments piégés sont-ils biodisponibles et mobilisables (désorbables de l'interface et/ou transportables sous forme de pseudo-colloïdes) par les eaux naturelles, à moyen et long termes ?

En réalité, toutes ces questions se résument en une question fondamentale, à savoir quelle est l'identité, la stabilité et la charge des espèces formées à l'interface (nano)particule minérale-phosphate-métal-eau naturelle ? Répondre à cette question représente un challenge scientifique et technique qui consiste à étudier le processus de rétention à l'échelle moléculaire et à identifier *in-situ* les réactions et espèces phosphato-métalliques formées en traces à l'interface.

Nous avons axé les recherches sur un système « modèle » constitué de colloïdes d'alumine représentatifs des oxydes hydratés d'aluminium présents dans les systèmes sols, et de solutions contenant un métal lourd mobile -l'ion uranyle à l'état de trace ($1-10\mu\text{M}$)-, le phosphate, et un des acides organiques simples omniprésents dans les sols, l'oxalate.

Le point fort de l'étude est l'utilisation de techniques de spectroscopies avancées (spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier et à Réflexion Totale Atténuée, spectrofluorimétrie laser résolue en temps). Son originalité réside dans le couplage des études spectroscopiques avec des études microscopiques, électrophorétiques et granulométriques des systèmes. L'ensemble des techniques mises en œuvre a permis une avancée décisive dans la compréhension de la dynamique des ions phosphate, oxalate et uranyle à l'interface alumine-eau, ainsi que dans l'identification de la spéciation à l'interface et de son effet sur l'agrégation des colloïdes.

La Figure 1b présente des résultats de spectroscopie montrant que le phosphate s'adsorbe principalement sous la forme de précipités de surface de phosphate d'aluminium, la quantité de précipités formée augmentant avec le temps et la concentration initiale de phosphate dans l'eau. En présence d'uranium à l'état de trace, il se forme en plus des précipités de surface de phosphate d'uranyle qui sont des «pièges» efficaces pour extraire quantitativement l'uranium des solutions et le retenir durablement (désorption lente et limitée).

Les précipités de surface maintiennent cependant les colloïdes à l'état dispersé dans l'eau en conférant aux nanoparticules un potentiel de surface élevé, ce qui tendrait à favoriser le transport des pseudo-colloïdes par les eaux du sol et la migration du phosphate et du métal. Quant à l'oxalate, il se lie à l'interface par une réaction d'échange avec les hydroxyles de surface, produisant un complexe de surface mononucléaire et bidentate (Figure 1b). La réaction d'échange n'empêche pas la formation des précipités



Les ligands sont des molécules ou anions, inorganiques ou organiques, simples ou complexes, capables de former des complexes avec des cations ou métaux, au travers de liaisons de coordination (liaisons chimiques fortes).

Les ligands existent en solution mais aussi à l'interface phase minérale-eau (ligands de surface ou groupes fonctionnels de surface de type hydroxyle, surface-OH). Ainsi, les surfaces des phases minérales ne sont pas inertes et leurs ligands de surface sont capables d'interagir avec un métal dissous et/ou de participer à des réactions d'échange avec les ligands dissous. La protonation/dé-protonation des ligands de surface, et les réactions de «sorption» (adsorption, précipitation de surface, échange) dans lesquelles ils sont impliqués créent à l'interface des espèces à l'origine d'une charge et d'un potentiel électrique de surface. La valeur de ce dernier détermine l'état de dispersion (potentiel élevé) ou d'agrégation (potentiel faible) des nanoparticules minérales (colloïdes) dans les solutions aqueuses.

de phosphate d'uranyle et d'aluminium mais elle favorise l'agrégation des colloïdes en faisant chuter le potentiel de surface (Figure 1c). Ainsi, deux processus concourent à diminuer durablement la mobilité et la biodisponibilité du phosphate et des métaux dans les sols : d'une part, la formation de précipités de surface favorise le piégeage à long terme des métaux et du phosphate à la surface des phases minérales, et d'autre part, la formation de complexes de surface impliquant des acides organiques simples diminue en plus la mobilité des pseudo-colloïdes.

Cette étude a un impact scientifique important : elle a révélé l'existence de processus de précipitation de surface qui contrôlent la rétention à long terme du phosphate et des métaux à l'interface minéral-solution. Ce résultat constitue un apport majeur pour une prévision fiable de la mobilité et de la biodisponibilité du phosphate (et du phosphore) et de métaux lourds tels que l'uranium dans la géosphère.

Les acides organiques complexes et espèces organométalliques des sols

Une autre observation importante issue de l'étude de milieux naturels est que les acides organiques complexes tels que les acides humiques et fulviques influencent considérablement le devenir des métaux lourds dans l'environnement et interviennent, plus généralement, dans le cycle géochimique d'une grande partie des espèces (ligands et molécules organiques ou inorganiques).

Ces acides complexes sont des macromolécules formées par réticulation de petites molécules organiques (acides aminés, acides carboxyliques, sucres, résidus de dégradation de cellulose, protéines,...), et présentent dans l'environnement une grande variété de compositions et une grande diversité dans la nature, la concentration et la réactivité des groupements fonctionnels qu'ils exhibent (à base d'oxygène tels par exemple les groupements carboxyliques, hydroxyls, phosphoniques, phénols, mais aussi à base d'azote ou soufre).

Ces acides présentent globalement une forte affinité chimique pour les métaux, ainsi que pour les surfaces de certaines phases minérales (oxyhydroxydes métalliques et argiles) dont ils influencent la réactivité, allant jusqu'à former, dans les sols riches en matière organique, une association phase minérale-phase organique connue sous le terme de « complexe argilo-humique ». L'avènement des spectromètres de masse à ultra haute résolution ouvre aujourd'hui des voies de recherches émergentes au niveau international sur l'identification des interactions entre métaux et acides organiques complexes, et entre phases minérales et acides organiques complexes, dans le but d'aboutir à la compréhension et à la prise en compte dans les prévisions, de l'effet exercé par les acides organiques complexes sur le cycle géochimique des éléments dans un milieu.

La plate-forme analytique de l'IPHC a été renforcée par la mise en fonctionnement, en 2011, d'un spectromètre de masse LTQ Orbitrap XL à source électrospray (ElectroSpray Ionisation Fourier Transform Mass Spectrometer) co-financé par le réseau REALISE et l'IPHC, ainsi que la fondation Friedel pour sa maintenance. Il représente la dernière génération des spectromètres de masse hybride à ultra haute résolution.

Ce type de spectromètre est le seul outil permettant une identification directe et univoque de la nature, stoechiométrie et structure des complexes organométalliques à l'état de traces en solution. Nous nous sommes intéressés à une question importante et non élucidée pour la mobilité des métaux lourds : leur complexation en solution par des ligands des substances humiques qui contiennent du phosphore organique. Nous avons étudié les interactions entre l'ion uranyle et un ligand modèle des fonctionnalités du phosphore aromatique présent dans les substances humiques, l'acide phénylphosphonique.

La haute sensibilité de la technique a permis d'explorer directement dans les solutions aqueuses les complexes uranyle-phénylphosphonate formés pour U(VI) en concentrations traces ($\leq 3\mu\text{M}$). L'identification positive des complexes qui coexistent dans des solutions à pH faible et à rapport ligand-sur-métal variable a été possible grâce à la ultra-haute résolution, la haute précision en masse, et la haute fiabilité dans l'abondance isotopique des ions de la technique. Les espèces uranyle neutres et celles chargées positivement ont été simultanément détectées (sous la forme « d'adduits » avec ClO_4^-) sur les spectres de masse enregistrés en mode d'ionisation négatif, ce qui a mis en évidence la formation de trois complexes U(VI)-phénylphosphonate (Figure 2a), $\text{UO}_2(\text{HPhPO}_3)^+$, UO_2PhPO_3 et $\text{UO}_2(\text{HPhPO}_3)_2$, ce dernier étant formé à rapport ligand-sur-métal élevé.

Une stratégie basée sur l'utilisation de complexes uranyle-phosphate en tant que standards internes a été mise au point pour déterminer à partir des spectres ESI(-)MS les constantes de stabilité des complexes, qui se sont révélées être élevées. L'étude a permis d'obtenir un modèle de spéciation qui montre, pour la première fois, que le phosphore

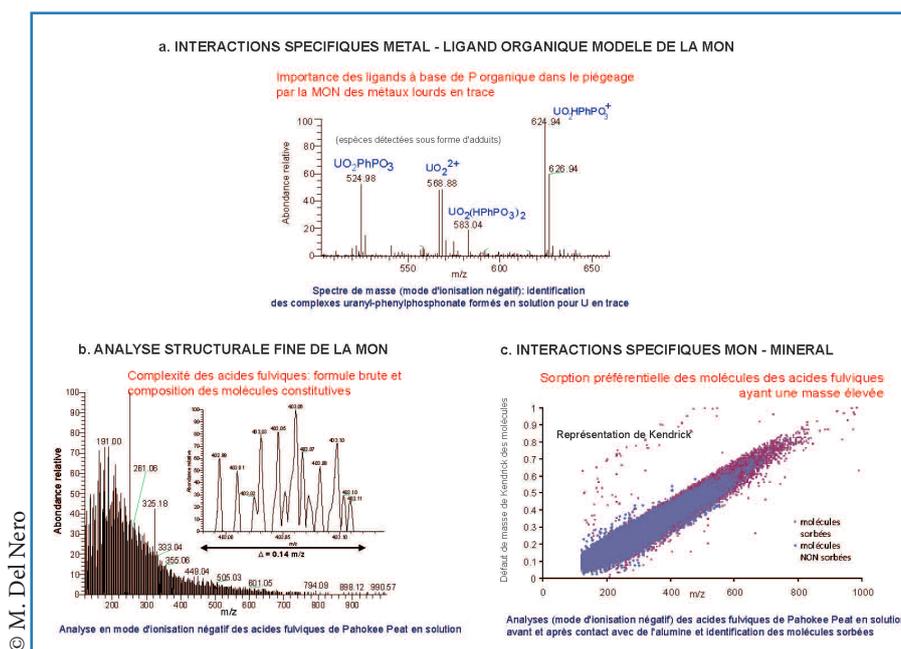


Fig. 2 : Illustration de la démarche et de résultats de l'étude par spectrométrie de masse hybride à ultra haute résolution des interactions métal-matière organique naturelle (MON) - phase minérale dans les sols

organique, bien qu'existant à faible concentration dans les substances humiques, est fortement impliqué dans la liaison des métaux traces en solution par les acides humiques et fulviques.

Les résultats des premières études réalisées dans notre laboratoire pour élucider les interactions entre acides fulviques/humiques et phases minérales des sols illustrent toutes les potentialités de la spectrométrie de masse à ultra haute résolution dans ce domaine. La Figure 2b montre que l'analyse par LTQ Orbitrap XL de solutions contenant des acides organiques naturels (dans ce cas, les acides fulviques de Pahokee Peat) permet, du fait de la haute résolution et la haute précision en masse de la technique, d'appréhender toute la complexité de la matière organique naturelle et d'obtenir les formules structurales brutes et la composition chimique des molécules constitutives d'un mélange com-

plexe tel que les acides fulviques. L'analyse de ces mêmes solutions après leur mise en contact avec une phase minérale (ici, des colloïdes d'alumine) permet d'identifier les molécules qui sont préférentiellement sorbées (Figure 2c).

L'étude a révélé que les molécules des acides fulviques qui présentent la plus forte affinité pour les surfaces minérales de type oxyhydroxyde métallique sont celles qui présentent les masses et les degrés d'insaturation les plus élevés. Ainsi, nos résultats utilisant la spectrométrie de masse à ultra haute résolution offrent de nouvelles perspectives de recherche pour l'identification des molécules constitutives des acides organiques naturels et de leurs interactions avec les phases minérales, et contribuent au plus haut niveau scientifique et technique à l'élaboration de modèles qualitatifs et quantitatifs des interactions métal-matière organique-phase minérale existant dans les sols.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Partenaires
Étude par spectroscopie IR à Transformée de Fourier et à Réflexion Totale Atténuée (IRTF-RTA) de la complexation de l'uranium (VI) par des protéines.	Collaboration avec le groupe de Radiochimie de l'IPN d'Orsay (UMR 8606).
Étude, par zétamétrie, de la stabilité de quantum dots de CdTe.	Collaboration avec le Département de Sciences Analytiques de l'IPHC (Laboratoire d'Ingénierie Moléculaire Appliquée à l'Analyse)
Identification des micropolluants et de leurs métabolites dans des eaux de rejets de stations d'épuration	Projet IMOME. Partenaire : Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle (SDEA). 2014
Etude de l'effet de sels sur les propriétés de surface de silicates de calcium hydratés.	Partenaire : R&D Transferts de l'Agence Nationale pour le stockage de déchets radioactifs (ANDRA). 2014

Contrat de recherche obtenus grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

- Projet INSPECT (IN-Situ SPECTroscopy) financé dans le cadre du Groupement de Recherches PARIS (Physico-chimie des Actinides et autres éléments Radioactifs aux Interfaces et en Solution) du CNRS en collaboration avec le groupe de Radiochimie de l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay, (UMR 8606), avec l'Institut d'Electronique du Solide et des Systèmes, IneSS (UMR 7163, Strasbourg), et avec le groupe « Modélisation » de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris (ENSMMP).

Identification *in situ* de la spéciation aux interfaces colloïde minéral – uranyle – phosphate - solution et modélisation des mécanismes de rétention de l'uranium (U) dans des sols phosphatés.

- Projet μ STEP - programme PEPS-MAPS. Une nouvelle méthodologie pour réduire les micropolluants dans les stations de traitement des eaux usées. Partenaires : SDEA et laboratoire LIVE. 2014.

Directeur de l'Institut de Chimie de Strasbourg de 2009 à 2013 : Michel Rohmer (PU Uds)

Directeur de l'Institut de Chimie de Strasbourg depuis 2013 : Jean Weiss (DR CNRS)

Responsable du laboratoire : Pierre Adam (DR CNRS)

Autres membres de l'équipe : Philippe Schaeffer (DR CNRS), Armelle Charrié (CR CNRS)

Les résultats scientifiques

Caractérisation moléculaire d'horizons de sols : utilisation de marqueurs chimiotaxonomiques et de la datation au ^{14}C de molécules individuelles pour la détermination de l'histoire du couvert végétal

Les lipides de plantes fournissent des informations d'ordre chimiotaxonomique qui permettent d'étudier la nature d'apports d'origine végétale à la matière organique des sols ainsi que d'appréhender les modifications de végétation liées à des facteurs d'ordre climatique ou anthropique. Dans le cadre d'études visant à reconstituer le couvert végétal passé et son évolution à l'échelle régionale, nous avons tout d'abord établi un référentiel moléculaire pour des horizons de sols de surface couverts par différents types de végétation.

Ces travaux sont poursuivis par l'étude d'horizons de sols plus profonds afin de vérifier si les signatures moléculaires sont préservées au cours du temps et peuvent être utilisées pour reconstituer l'histoire du couvert végétal. Dans la mesure où les signatures moléculaires laissées dans les horizons profonds peuvent être influencées par du matériel récent provenant de la surface par lessivage et bioturbation, nous cherchons à déterminer les temps de résidence moyens par datation au ^{14}C de différentes fractions lipidiques et lipides individuels isolés des extraits lipidiques des sols par une combinaison de différentes techniques chromatographiques (figure 1). En effet, la datation de composés isolés a été rendue possible par le développement

de nouvelles techniques de datation par AMS (accelerated mass spectrometry) permettant de réaliser des mesures sur des quantités de l'ordre de la dizaine de microgrammes (collaboration avec ETH, Zürich, Professeur S. Bernasconi).

Les biomarqueurs isolés à partir de plusieurs échantillons d'un profil de sol sous chênaie depuis plusieurs siècles (secteur Elmerforst, commune de Balbronn) présentent clairement des signatures modernes. Ces résultats indiquent que la signature lipidique observée dans ce sol est issue d'une matière organique récente alors que la datation de la matière organique totale des horizons profonds montre qu'elle est ancienne. Ceci tend à montrer que la matière organique dans cet horizon de sol est constituée à la fois de matière organique ancienne et réfractaire de nature non lipidique et d'un «pool» labile, comprenant, notamment, l'extrait lipidique. Ces résultats sont intéressants en termes de dynamique des matières organiques parce qu'ils indiquent que même des composants qui sont en général considérés comme résistants à la biodégradation sont sans doute rapidement dégradés. Par ailleurs, la présence de biomarqueurs avec un âge ^{14}C moderne en profondeur indique un transport vertical important de ces composants dans le profil du sol.

Cependant, l'étude d'autres profils de sols (par ex. sol de prairie, chaumes du Hohneck) montre, au contraire, que les fractions lipidiques provenant des horizons profonds

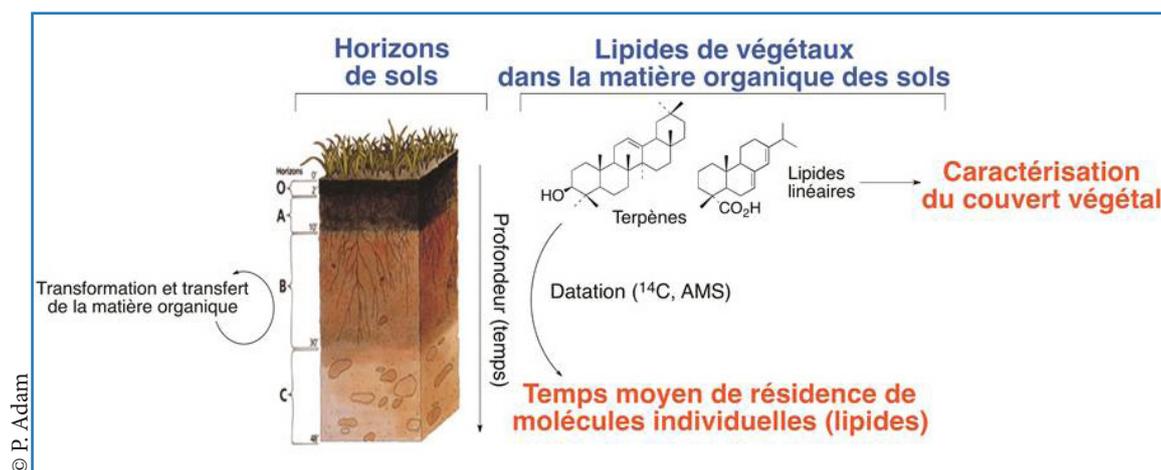


Figure 1 : Utilisation de marqueurs chimiotaxonomiques et de la datation au ^{14}C de molécules individuelles pour la détermination de l'histoire du couvert végétal

correspondent à de la matière organique ancienne et sont donc susceptibles, dans certaines circonstances, de contenir des biomarqueurs lipidiques qui pourraient être utilisés pour la reconstitution du couvert végétal passé. Par la suite, seront également étudiés des profils de sols ayant connu une modification du couvert végétal (Wegscheid, Vallée de la Thur) au cours du temps. A terme, ce type d'étude devrait également permettre de mieux cerner la dynamique des processus de séquestration du carbone dans le « système sols » en relation avec des problématiques environnementales (cycle du carbone, réchauffement climatique).

Étude du devenir de terpénoïdes dans les environnements naturels : nouveaux marqueurs chimiotaxonomiques de végétaux

Ces dernières années, un intérêt croissant est porté aux archives sédimentaires provenant de milieux continentaux (sols, sédiments aquatiques) dans le cadre d'études portant, notamment, sur l'évolution du couvert végétal liée aux changements environnementaux, qu'ils soient d'ordre anthropique ou climatique. Dans ce type d'études, les fossiles moléculaires de terpénoïdes végétaux constituent des outils de choix pour la reconstitution des assemblages végétaux et de leur évolution au cours du temps.

C'est dans ce cadre que nous réalisons l'étude du devenir des terpénoïdes végétaux. Nous bénéficions pour cela de l'accès à une série de bois anciens enfouis provenant, notamment, de paléochenaux du Rhin. L'étude des biomarqueurs lipidiques présents dans ces bois permet d'établir une corrélation très claire entre fossiles moléculaires terpéniques et nature des essences végétales. Nos travaux ont d'ores et déjà permis l'identification de nouveaux biomarqueurs terpéniques qui peuvent être utilisés pour l'identification de matière organique provenant d'essences végétales. C'est le cas, par exemple, de triterpénoïdes présentés dans la figure 2 et dérivant de triterpénoïdes du chêne.

Nos travaux ont également conduit à mettre en évidence des voies de transformation dans le sous-sol très contrastées pour les composés triterpéniques. En effet, ces voies dépendent de la nature des fonctions chimiques qui sont portées par les triterpénoïdes précurseurs biosynthétisés par les végétaux dont ils dérivent et donc de leur origine biologique (essences de bois). Ces nouveaux biomarqueurs peuvent également être utilisés, dans un contexte archéologique, pour la reconnaissance d'objets en bois (par exemple provenant de sépultures) trop altérés pour être identifiés sur des bases purement morphologiques.

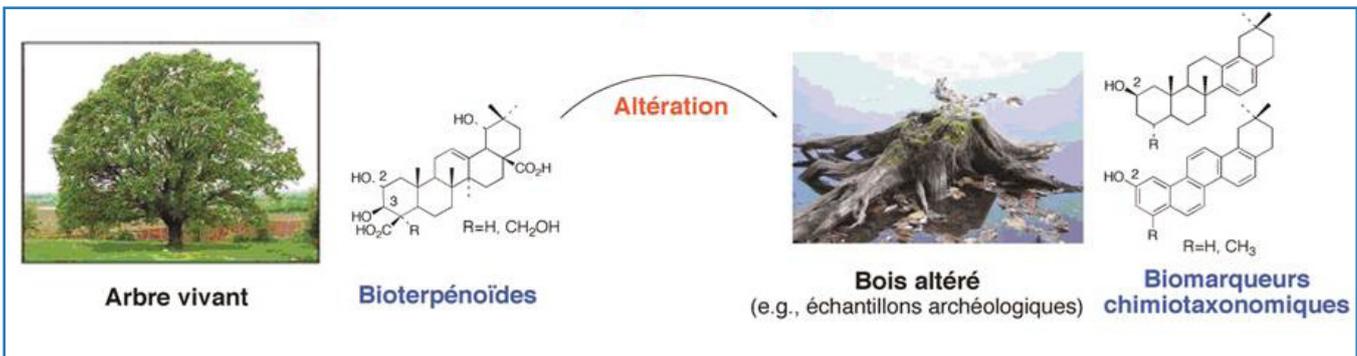


Figure 2 : Une nouvelle voie de dégradation affectant les triterpénoïdes de végétaux difonctionnalisés en C-2 et C-3

Des biohopanoïdes aux géohopanoïdes : caractérisation des processus de transformation dans les milieux sédimentaires

Des études récentes ont montré que l'étude des biohopanoïdes (renforceurs membranaires bactériens) préservés dans les environnements naturels récents, sub-récents ou issus de sédiments anciens pouvait permettre de répondre à différentes questions portant, notamment, sur les processus biogéochimiques intervenant dans le cycle du carbone, les changements climatiques ou la biodiversité microbienne. L'analyse des distributions des biohopanoïdes a été rendue possible par le développement de techniques de chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS) (figure 3). Cependant, l'utilisation de biohopanoïdes et géohopanoïdes (produits de transformation des biohopanoïdes en milieu sédimentaire) comme bio-

marqueurs est limitée par le fait que l'on ne sait que peu de choses concernant la stabilité et les premières étapes de transformation des biohopanoïdes dans les sédiments. La connaissance actuelle de ces effets ne permet pas d'interpréter de manière fiable les distributions des bio- et géohopanoïdes dans les sédiments.

Dans ce contexte, nos travaux portent sur l'étude des processus de transformation des biohopanoïdes aux premiers stades de l'enfouissement. Ces processus sont étudiés à l'aide d'expériences en laboratoire réalisées dans des conditions géochimiquement vraisemblables et mettant en jeu des biohopanoïdes isolés à partir de cultures cellulaires de bactéries. Parallèlement, et pour comparaison, est réalisée une étude de la distribution des biohopanoïdes dans divers milieux naturels ou sédiments. Une connaissance fine de leur réactivité et stabilité dans l'environnement est, en

effet, essentielle si l'on souhaite exploiter le potentiel des hopanoïdes comme biomarqueurs permettant de répondre à diverses questions portant, notamment, sur la biodiversité bactérienne, les changements climatiques ou les processus biogéochimiques intervenant dans le cycle du carbone.

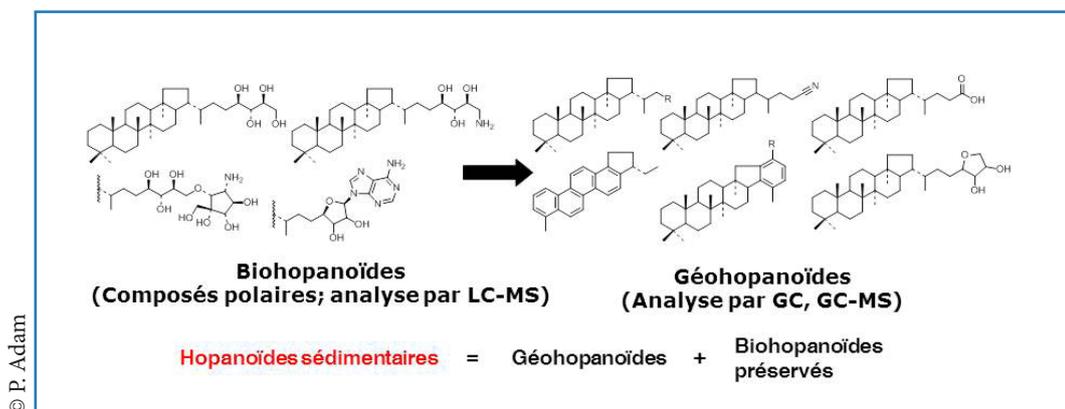


Figure 3

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Partenaires
Caractérisation moléculaire d'horizons de sols et utilisation de marqueurs chimiotaxonomiques et de la datation au ¹⁴ C de molécules individuelles pour la détermination de l'histoire du couvert végétal.	Geologisches Institut, ETH, Zürich, Suisse, coll. S. Bernasconi. Les mesures de datation sur molécules individuelles sont réalisées à l'ETH qui dispose d'un équipement unique en Europe permettant les mesures de datation sur des quantités très faibles (de l'ordre de la dizaine de microgrammes)
Reconstruction des conditions (oxiques/anoxiques, notamment) prévalant lors de la formation de sédiments récents provenant de milieux lacustres ou marins en utilisant des produits issus des transformations des chlorophylles	Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Kastanienbaum, Suisse, coll. C. Schubert
Analyse par LC-MS de di- et tétraéthers de glycérol d'archées extrémophiles (<i>Thermococcus halophilus</i>), les proportions entre di- et tétraéthers dépendant des conditions environnementales (adaptation homéovisqueuse)	Vie Primitive : Évolution et Interactions avec la Géosphère, UMR 512, PaléoEnvironnements & PaléobioSphère, Villeurbanne, France, coll. V. Grossi
Étude des processus de transformation affectant les biohopanoïdes, des lipides membranaires bactériens, dans les milieux sédimentaires et conduisant des biohopanoïdes aux biomarqueurs hopanoïdes en milieux sédimentaires	Laboratoire de Chimie et Biochimie des Microorganismes, Institut de Chimie de Strasbourg (UMR 7177), coll. M. Rohmer
Utilisation des signatures lipidiques préservées dans les formations sédimentaires anciennes (Holocène du Lac St Jean - Canada ; Oligocène de Libye, Plio- pléistocène du fossé rhénan) pour reconstituer les paléoenvironnements de dépôt	EOST, équipe «Dynamique de la lithosphère et des bassins sédimentaires», (UMR 7516), Strasbourg, coll. P. Düringer, M. Schuster

Post-doctorants invités grâce aux équipements obtenus et aux collaborations développées dans le réseau

Claire Bastien (10/2011-11/2012) a réalisé des travaux de recherche dans le cadre du projet portant sur la caractérisation moléculaire d'horizons de sols et l'utilisation de marqueurs chimiotaxonomiques associés à la datation au ^{14}C de molécules individuelles pour la détermination de l'histoire du couvert végétal. Ce projet a été développé dans le cadre du programme GESSOL 3 financé par l'ADEME.

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements financés par le réseau

Thématique	Type de contrat et partenaires
Les Archives Pédologiques, un Outil pour la Gestion des Ecosystèmes, Nouvelles approches, limites temporelles et résolution écosystémique	Laboratoire Image et Ville, Strasbourg (coll. D. Schwartz et D. Ertlen,) et le Geologisches Institute, ETH, Zürich (coll. S.M. Bernasconi). Projet financé par l'ADEME dans le cadre du programme GESSOL 3 (programme de recherche sur la gestion du patrimoine sol), 2011-2013
Recherche de composés spécifiques de la vulcanisation dans les réservoirs pétroliers carbonatés	Total Recherche & Développement Exploration et Production, 2009
Modélisation de la cinétique d'évolution et de l'influence des différents composés chimiques des huiles moteurs sur leurs performances	Total/PSA-Peugeot-Citroën/Lubrizol, 2010-2013 + bourse CIFRE financée
Étude qualitative des constituants de poix d'époque gallo-romaine du site de Petre de Bin à Vielle Saint-Girons (Landes)	GRAPBA (Groupement de recherche Archéologique de Pays de Buch et de l'Agenais), 2012

AXE 2

Les risques naturels et anthropiques

Cet axe centré lors du premier CPER (2000-2006) sur la question de la pollution atmosphérique et de ses impacts sur la santé humaine, a proposé lors du second CPER (2007-2014) de s'ouvrir à d'autres impacts environnementaux : cela a débuté avec la question des crues en milieu urbain et devrait se prolonger dans le futur sur d'autres problématiques environnementales.

Concernant la pollution atmosphérique, les travaux scientifiques s'intéressent à la fois aux mécanismes contrôlant les cycles des polluants dans l'atmosphère et à des études épidémiologiques plus spécifiques sur la santé humaine. Par ailleurs, certains travaux portent sur le développement de modèles numériques de la pollution atmosphérique en milieu urbain comme outils de représentation spatiale et d'aide à la décision dans la politique environnementale urbaine.

Les travaux concernant les risques liés à l'hydrologie en milieu urbain s'intéressent à la gestion des événements pluvieux extrêmes (inondations, dysfonctionnement des réseaux d'assainissement) en milieu urbanisé.

Les laboratoires et équipes impliqués dans l'axe 2 lors du CPER 2007-2013 sont les suivants :

- Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie, (ICube), UMR 7357 Uds-CNRS
- Département Mécanique - équipe «Mécanique et Environnement»
- Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé (ICPEES), UMR 7515 Uds-CNRS
- équipe «Physico-Chimie de l'Atmosphère»
- Laboratoire «Image Ville Environnement», UMR 7362 Uds-CNRS
- équipe « Énergie, Pollution de l'Air et Climat »

Directeur du laboratoire : Michel de Mathelin (DR CNRS)

Responsable du département Mécanique : Robert Mosé (PR ENGEES)

Responsable de l'équipe : José Vasquez (PR CNECA)

Autres membres de l'équipe : Jean-Bernard Bardiaux (IR), Christian Beck (Mdc CNECA), Paul Bois (Mdc EN-GEES), Mathieu Dufresne (Mdc CNECA), Pascal Finaud-Guyot (Mdc CNECA), Julien Laurent (Mdc CNECA), Adrien Wanko (Mdc CNECA)

Les résultats scientifiques

Cette thématique de recherche traite des inondations en milieu urbain. Cette problématique occupe à l'heure actuelle une place croissante, aussi bien dans la gestion des risques que pour la protection de l'environnement. En urbanisant les lits majeurs des cours d'eau, les villes sont devenues des zones vulnérables, particulièrement exposées aux risques d'inondation. Tous les pays rencontrent ce risque, qui serait responsable, d'après les données du Ministère de l'écologie et du Développement Durable, de 20 000 morts par an dans le monde. En France, ce risque est bien présent : 13 300 des 30 000 communes françaises sont exposées au risque inondation et 10 % de la population vit en zone inondable.

Ces zones sont définies à l'aide d'outils techniques, des logiciels de modélisation des écoulements de rivières lors de crues. Généralement, on utilise des codes de calcul hydrauliques, qui évaluent, en tout point de l'espace modélisé, les caractéristiques de l'écoulement comme les vitesses et les hauteurs de l'eau. Les modèles sont le plus souvent dits mécanistes car ils résolvent des équations mathématiques classiques de la mécanique des fluides qui décrivent les écoulements d'eau. Cependant, ils ont été développés à l'origine, il y a plus d'une vingtaine d'années, à d'autres fins pour modéliser les écoulements en rivière, souvent unidirectionnels. Les phénomènes hydrauliques observés en milieu urbain sont pourtant différents et parfois beaucoup plus complexes.

Tout d'abord, des interactions vont se mettre en place entre les écoulements de surface de la ville et les écoulements souterrains dans le réseau d'assainissement. Des parties de la ville, en surface, peuvent ainsi se retrouver inondées à l'inverse d'autres. La géométrie de ces deux zones d'écoulements est complexe. Une ville peut s'apparenter à un réseau de carrefours, reliés entre eux par des rues et des boulevards dans laquelle l'eau va s'écouler à surface libre. La même approche peut s'appliquer au réseau pluvial, à la différence prêt que les écoulements peuvent être à surface libre ou en charge. La présence de carrefours est un

réel problème pour la modélisation, car elle nécessite la prévision de la répartition des débits à leur sortie. Cette dernière a une influence importante, car elle conditionne les débits dans chacune des rues situées à l'aval et va interagir avec les carrefours voisins. Une mauvaise modélisation peut donc entraîner des erreurs conséquentes sur toutes les prévisions à l'échelle du quartier. Mais d'autres particularités sont observées : les écoulements en ville sont très perturbés, des ondes statiques peuvent apparaître et de nombreux changements de régime et des ressauts hydrauliques peuvent être observés. Ces phénomènes complexes vont interagir avec les écoulements dans les carrefours, modifiant les répartitions des débits en sortie. Enfin, même si l'on ne considère pas les obstacles fixes (trottoirs, arbres, cabines téléphoniques, abris bus, etc.) qui vont pourtant modifier les écoulements, au moins de manière locale, il faut considérer les objets mobiles, notamment les voitures, qui vont être charriés par les écoulements. Ils vont former des embâcles, se mettre en travers des rues les plus étroites et jouer un rôle de barrage.

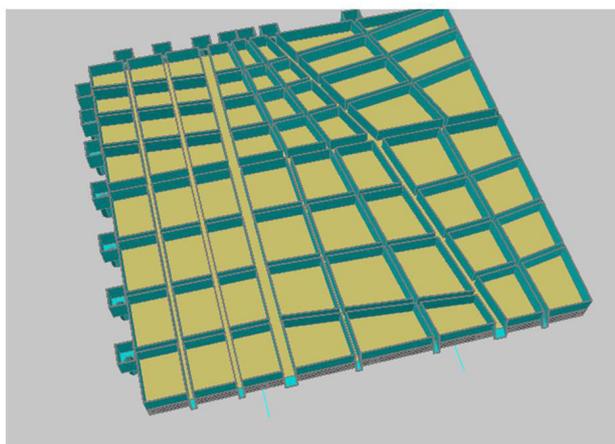
L'utilisation des codes de calcul classiques pour modéliser ces écoulements est donc loin d'être évidente et justifiée. Elle mérite une validation. Nous sommes alors confrontés à un nouveau problème : le manque de données expérimentales. En effet, les phénomènes présentés précédemment sont difficiles à mesurer dans la réalité : leurs occurrences sont imprévisibles et rares. De plus, ils sont relativement courts, ce qui laisse peu de temps pour acheminer du matériel et prendre des mesures en temps réel. Enfin, la violence et la puissance des phénomènes, s'ils n'arrachent pas les dispositifs de mesures, rendent les mesures *in situ* compliquées et périlleuses.

Seuls les modèles réduits permettent donc de reproduire et de mesurer ces écoulements. Cependant, ces derniers sont coûteux et volumineux, ce qui explique leur rareté. Le manque de données expérimentales est un réel problème, il rend impossible toute compréhension des écoulements urbains et limite la validation des outils numériques existants

ainsi que l'encadrement de leur utilisation. De plus, la comparaison du numérique avec l'expérimental est nécessaire pour l'amélioration des outils numériques. En mettant en évidence les différences, des lacunes dans les modèles utilisés pourront, à terme, être comblées et conduire à la mise en place d'outils plus adaptés et plus performants.

Cette recherche propose différentes approches pour contribuer à l'amélioration de la modélisation des écoulements en milieu urbain et à leur compréhension. En se basant sur les travaux expérimentaux et numériques qui ont déjà été réalisés par le passé, différents objectifs ont été dégagés et ont structuré nos travaux de recherche :

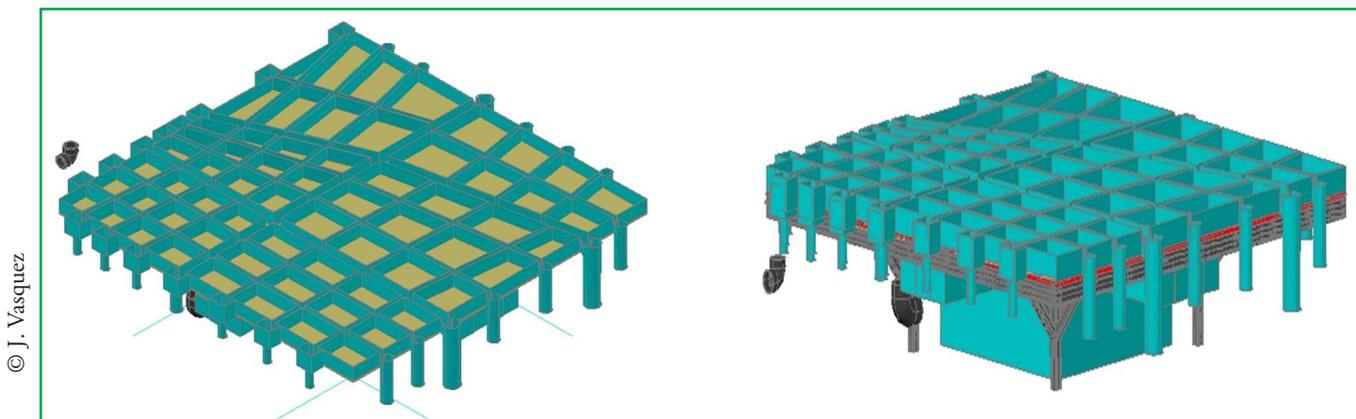
- améliorer l'outil informatique 2D développé au laboratoire pour simuler les inondations en milieu urbain,
- fournir des données expérimentales grâce à la mise en place, au laboratoire, d'un modèle réduit d'un quartier urbain (Figure 1),
- valider les codes de calcul, notamment 2D et 3D, en comparant les résultats numériques avec l'expérimental.



L'analyse de ces données a conduit à la description qualitative d'un régime d'écoulement contrôlé par les carrefours. Ils sont responsables de la distribution des débits dans le quartier. Mais ce sont aussi des singularités : ils génèrent des pertes de hauteurs d'eau locales, responsables de la distribution des hauteurs d'eau par palier observée dans les rues. Ces pertes de hauteurs ont été analysées comme des pertes de charges. L'analyse de ces données a mis en évidence l'existence d'un lien entre les différentes variables d'écoulement.

La répartition des débits apparaît comme faiblement dépendante des débits à l'amont. De même, l'évolution quantitative des hauteurs d'eau est indépendante des débits à l'amont. Les hauteurs se distribuent à l'échelle du quartier autour d'un plan et à l'échelle de la rue selon des courbes maîtresses nommées "profil normalisé", caractérisées par des paliers séparés par des chutes brutales de hauteurs d'eau. Les pentes du plan moyen, tout comme l'amplitude des chutes de hauteurs, sont quant à elles directement fonction des débits à l'amont.

La fiabilité des outils de simulation a été examinée. Différents outils numériques ont donc été testés et comparés sur la géométrie du pilote expérimental. Les résultats expérimentaux comparés aux simulations numériques ont permis ainsi de valider les outils numériques testés.



© J. Vasquez

Figure 1 : Un modèle réduit d'un quartier européen moyen a été mis en place au laboratoire. D'une taille de 5 m x 5 m, il a permis l'observation d'écoulement en régime permanent dans un milieu urbain. Le champ de hauteur ainsi que la répartition des débits en sortie ont été mesurés. L'étude expérimentale a permis la génération de données de validation des codes numériques.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Post-doctorant invité grâce aux équipements obtenus et /ou aux collaborations développées dans le réseau

Rabih Ghostine (UdS), développement de schémas numériques, 2010-2012.

Recrutements

- Recrutement d'un maître de conférences : Pascal Finaud-Guyot (2011).
- Financement de thèse par le MESR, «Analyse de sensibilité des modèles numériques de Barré de Saint Venant 2D - application à l'inondation en ville», 2013-2016

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Partenaires
Hydraulique, hydrodynamique : aspect expérimental	Université de Liège, Département HACH
Hydraulique, hydrodynamique : aspect numérique	Université de Montpellier, Laboratoire Hydrosiences
Hydraulique, hydrodynamique : aspect expérimental	INSA de Lyon, Laboratoire LMFA
Hydraulique, hydrodynamique : aspect expérimental et numérique	IRSTEA de Lyon, Unité HH

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Type de contrat et partenaires
Hydrologie et hydraulique en milieu urbanisé	Programme de recherche de l'ANR ECCO. Partenaires : LMFA, LGCIE, IRSTEA. 2006-2009
Risque associé au transfert de polluants lors d'une inondation urbaine : une approche expérimentale et numérique	Projet ANR Cytrix - EC2CO 2011. Partenaires : LMFA, LGCIE. 2010-2012
Modélisations et leurs applications à l'hydraulique des réseaux d'assainissement	COACHS (COmputations and their Applications in Channel Hydraulics for Sewers) labélisé et financé par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Partenaires : LCPC, INSA de Lyon, GEMCEA. 2010-2013
Méthodologie et outils opérationnels de conception et de qualification de sites de mesures en réseau d'assainissement	MENTOR 2015 labélisé par le pôle de l'Eau HYDREOS et financé par l'Agence Nationale pour la Recherche. Partenaires : IFSTTAR - GER/HA, INSA - LGCIE, INSA - LMFA, GEMCEA, INSA - ITUS - EVS, Nivus, LEESU, Nantes Métropole - Direction de l'Assainissement, Lyonnaise des eaux - secteur Est, Grand Lyon - Direction de l'eau. 2011-2014
Gestion intégrée des rejets d'assainissement côtiers (GIRAC). Ce projet a pour objectif le développement d'un outil transposable d'aide à la décision permettant de minimiser les impacts des rejets d'assainissement sur le milieu récepteur et d'évaluer quotidiennement les risques de dégradation de la qualité des eaux de baignade, et ce particulièrement par temps de pluie	Mené conjointement par VEOLIA EAU, IFREMER, METEO France, LITTORALIS et en partenariat avec le CEMAGREF d'Anthony et l'ENGEES. 2007-2010
Etude du fonctionnement des déversoirs d'orages	Convention d'études entre l'ENGEES et la Communauté de Communes de Benfeld. 2005-2007
Mise en place d'un banc de mesures 3D du champ de vitesses	Convention d'études entre l'ENGEES et GEMCEA, 2006-2007.
Création d'un canal venturi trapézoïdal	Convention d'études entre l'ENGEES, le GEMCEA et l'entreprise Endress+Hauser. 2006

Thématique	Type de contrat et partenaires
Test d'un nouveau venturi	Convention d'études entre l'ENGEES et l'entreprise Endress + Hauser. 2008
Expertise et modélisation des décanteurs lamellaires	Convention d'études entre l'ENGEES et l'entreprise Hydroconcept. 2008-2009
Étude hydraulique des venturis ISMA à section exponentielle	Convention d'études entre l'ENGEES et la Société ISMA(Oséo). 2009-2010
Modélisation du cyclonsep	Convention d'études entre l'ENGEES et l'entreprise Hydroconcept. 2010-2013
Étude hydraulique des ouvrages de déversement	Convention d'études entre l'ENGEES et le SDEA. 2010-2011 et 2011-2012
Étude hydraulique des ouvrages de déversement	Convention d'études entre l'ENGEES et la Communauté Urbaine de Clermont Ferrand. 2010-2011
Étude hydraulique des ouvrages de déversement	Convention cadre de R&D entre l'ENGEES et la Communauté Urbaine de Strasbourg. 2011-2014
Étude hydraulique du site de Milan à Mulhouse	Convention d'études entre l'ENGEES et la Lyonnaise des Eaux. 2010-2011
Étude hydraulique du site de Branly à Colmar	Convention d'études entre l'ENGEES et la Lyonnaise des Eaux. 2010-2011
Étude hydraulique des ouvrages de Besançon	Convention d'études entre l'ENGEES et la Lyonnaise des Eaux. 2011
Étude hydraulique de 6 déversoirs à Colmar	Convention d'études entre l'ENGEES et la Lyonnaise des Eaux. 2012-2013
Étude hydraulique du bassin de Sucy	Convention d'études entre l'ENGEES et DSEA 94. 2012-2013

Rapprochement de structures dédiées à l'innovation

Le laboratoire est membre du Comité de Labellisation du **Pôle HYDREOS**

• **Pôle HYDREOS** : méthodologie et outils opérationnels de conception et de qualification de sites de mesures en réseau d'assainissement. Le projet MENTOR 2015 est labélisé par le pôle de l'Eau HYDREOS et financé par l'Agence Nationale pour la Recherche.

• **Pôle HYDREOS** : Inondation en ville.

• **Fonds Unifié Interministériel (FUI)** : pour la création du système d'alerte aux inondations. Le laboratoire met au point des outils numériques de ce projet R& D collaboratif. Ce projet a pour ambition :

- de mettre en œuvre un outil numérique pour le temps réel,
- de fiabiliser le système d'alerte grâce à une appropriation des personnes concernées dès la phase de développement de l'outil numérique.

Partenaires : Egis Eau, Isody, Météo France, CETE de l'Est, Grand Nancy.

Directeur du laboratoire de 2009 à 2012 : François Garin (DR CNRS)

Directeur du laboratoire depuis 2012 : Cuong Pham Huu (DR CNRS)

Responsable de l'équipe : Stéphane Le Calvé (CR CNRS)

Autres membres de l'équipe : Maurice Millet (PU Uds), Philippe Mirabel (PU Uds), Jean-Luc Ponche (Mdc Uds)

Les résultats scientifiques

1- Développement d'une méthode d'analyse du formaldéhyde dans l'air

Ce travail a porté sur le développement d'un analyseur portable et rapide pour mesurer le formaldéhyde dans l'air. Bien que parfaitement adapté à la mesure en air extérieur, c'est en environnement intérieur et clos que le besoin pour ce type d'appareil est le plus fort. Le principe de notre analyseur de formaldéhyde repose sur la réaction du formaldéhyde avec un agent dérivatif sélectif (fluoral-P) pour former une espèce fluorescente facilement analysable, le 3,5-diacetyl-1,4-dihydrolutidine (DDL).

Au cours de ce projet, deux prototypes automatiques portables de seconde génération ont été réalisés à l'ICPEES (Figure 1). Ces prototypes sont pilotés par un PC portable connecté via un port USB. Un logiciel spécifique a été développé sous Windows pour le pilotage et le traitement des données.

Il est à noter que nos résultats confirment l'absence d'interférence entre les autres aldéhydes et le fluoral-p, car en solution, même à des concentrations 10 fois supérieures à celle du formaldéhyde, le signal de fluorescence n'est pas modifié. L'ensemble de cette méthode analytique a fait l'objet d'un dépôt de brevet national en juin 2009 qui a ensuite fait l'objet d'une extension internationale déposée en juin 2010.

Développement réalisé dans des conditions contrôlées de laboratoire

Afin de bien évaluer les performances de l'analyseur en phase gazeuse, une source portable calibrée de formaldéhyde gazeux régulée en température a été développée. La calibration du formaldéhyde gazeux généré par cette source a été réalisée par piégeage sur des cartouches de DNPH puis analyse par HPLC/UV. Cette source permet de générer des concentrations variant entre 2 et plus de 450 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Cette source s'est révélée extrêmement stable dans le temps et une fois calibrée, elle permet un étalonnage de notre analyseur avec plusieurs concentrations gazeuses différentes en environ 2 heures.

Le pilotage des paramètres de l'analyseur (gain, temps et débit de prélèvement, etc.) et de la source de formaldéhyde (température, débits) est assuré par un seul et même logiciel développé au laboratoire et fonctionnant sous Windows. Il permet en outre l'intégration automatique des pics de fluorescence et le calcul automatique de la concentration de formaldéhyde à partir d'une calibration préalable. Ces valeurs sont affichées à l'écran du PC dès l'intégration terminée.

La réponse de l'analyseur est linéaire, entre typiquement 2 et 450 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, mais le gain du détecteur doit être modifié



Figure 1: Prototype de seconde génération de l'analyseur. Le prototype est transportable (env. 8 kg) et a une dimension de 28,5 x 23 x 38 cm.

L'analyseur mesure les concentrations de formaldéhyde selon 3 étapes fortement couplées entre elles :

- 1) le piégeage du formaldéhyde gazeux en solution,
- 2) la dérivation sélective du formaldéhyde par réaction avec le fluoral-p,
- 3) l'analyse par spectroscopie de fluorescence du produit de la réaction.

entre les plus faibles concentrations et les plus élevées. Avec notre prototype, la limite de quantification du formaldéhyde en phase gazeuse obtenue est de l'ordre de $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ avec un rapport signal/bruit de 10 pour un temps de prélèvement de 2 minutes. Dans ces conditions, la résolution temporelle résultante est de l'ordre de 6 minutes.

Ensuite, l'analyseur a été couplé à la source portable de formaldéhyde qui générait une concentration de formaldéhyde égale à $32 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sur la durée de l'expérience, afin de tester les répétabilité et reproductibilité de la mesure. Il en ressort que la répétabilité et la reproductibilité de l'ensemble constitué du prototype automatique et de la source sont excellentes puisque les déviations relatives sont sensiblement inférieures à 5 % dans les deux cas.

L'abaissement du débit de prélèvement de 1300 à $300 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ a permis d'obtenir un rendement de piégeage du formaldéhyde proche de 100 % ce qui permet d'entrevoir la possibilité de s'affranchir à terme d'une source gazeuse extérieur de calibration, du moins sur le terrain, car celle-ci nécessite d'être alimenté avec de l'air synthétique. Dès lors, une recalibration de la fluorescence à partir d'une solution liquide de formaldéhyde serait envisageable et faciliterait l'utilisation de l'analyseur sur le terrain. La source de formaldéhyde gazeuse calibrée resterait néanmoins très précieuse pour la recalibration au laboratoire. Avec ce nouveau débit de prélèvement, la limite de quantification reste égale à $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour un temps de prélèvement de 4 minutes, ce qui induit un pas de temps minimum de 8 minutes, ramené, pour raison de commodité, à 10 minutes en pratique.

La comparaison avec les autres techniques d'analyse du formaldéhyde disponibles met en évidence les performances de notre analyseur, en termes de précision, répétabilité, reproductibilité et sensibilité.

Mise en application de notre analyseur de formaldéhyde sur des échantillons d'air ambiant

Une fois les conditions analytiques optimisées, l'analyseur a été intercomparé avec celui commercialisé par la Société Aerolaser (ICARE, Orléans). La comparaison met en exergue une excellente corrélation entre les mesures de nos deux prototypes et celle réalisée avec l'appareil «Aerolaser», ce qui valide de fait notre analyseur de formaldéhyde.

Ensuite, notre analyseur de formaldéhyde a été testé en air intérieur et extérieur et pour la mesure des concentrations ambiantes (en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Il a également été couplé avec une cellule d'émission afin de mesurer le taux d'émission en formaldéhyde de certains matériaux ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$).

Notre analyseur de formaldéhyde a permis notamment d'identifier, en quelques heures, la source de formaldéhyde dans une école du Haut-Rhin (en partenariat avec l'Association de Surveillance de la Pollution Atmosphérique) où

des concentrations anormalement élevées en formaldéhyde avaient été détectées depuis 8 ans (environ $300 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Outre la spatialisation de la concentration de formaldéhyde entre les différentes pièces de l'école, l'analyseur a permis une identification rapide de la source en mode «renifleur» qui a été confirmé par des mesures de taux d'émission des différents matériaux suspectés, en couplant l'analyseur avec une cellule d'émission de petit volume. Les mesures des concentrations ambiantes étaient cohérentes avec celles mesurées par la méthode de référence, à savoir des prélèvements actifs sur des cartouches de Dinitrophénylhydrazine (DNPH).

Pour valider le couplage de notre analyseur de formaldéhyde avec une cellule d'émission de petit volume, des mesures ont été entreprises au laboratoire pour déterminer le taux d'émission de certains matériaux de construction en relation avec les nouvelles réglementations sur l'étiquetage des matériaux de construction et d'ameublement. La concentration de formaldéhyde était mesurée toutes les 10 minutes à partir de notre analyseur, ce qui nous permettait de déterminer le taux d'émission. Il en résulte que les courbes de décroissance du taux d'émission en fonction du temps sont exponentielles et tendent vers une valeur quasiment constante après 24 heures, ce qui laisse supposer que les taux d'émission extrapolés à 3 et 28 jours seraient de fait en-dessous de cette valeur. Dans le cas où cette valeur après 24 h satisferait d'ores et déjà aux valeurs limites fixées par la législation, une mesure de ce type pourrait être suffisante pour l'étiquetage et permettrait un gain de temps précieux. Encore une fois, les mesures des taux d'émissions avec des cartouches de DNPH réalisées en fin d'expérience, quand les émissions sont stables, montrent un excellent accord avec nos résultats obtenus avec l'analyseur.

Une campagne en air extérieur, réalisée en région parisienne sur une période de 12 jours au cours desquels les concentrations de formaldéhyde n'ont pas dépassé $7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, a montré d'une part, que notre analyseur de formaldéhyde était capable de mesurer des variations très faibles de la concentration de formaldéhyde et d'autre part, qu'il était capable de fonctionner en continu sur cette durée. Ces variations des concentrations de formaldéhyde étaient corrélées avec l'ozone qui est un polluant photochimique ainsi qu'avec les radicaux OH, principaux oxydants atmosphériques. La corrélation avec de brefs pics de polluants primaires en début de matinée suggérait la présence d'une éphémère inversion de température, phénomène très fréquent. L'augmentation de la concentration de formaldéhyde, corrélée à celles de tous les autres polluants, a été observée lorsque le vent est passé en régime de Nord-Est, le site de mesure étant directement impacté par les émissions primaires de la ville de Paris.

L'expérience acquise sur ces cas concrets montre qu'en pratique, de nombreux paramètres de notre analyseur de formaldéhyde permettent de s'adapter aux concentrations ambiantes, à savoir le gain du détecteur, le temps de prélèvement, le débit de prélèvement, etc. A faibles concentrations comme dans l'air extérieur (1 à 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), un volume d'air de 1,2 L prélevé à 300 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ est préconisé ce qui nous permet de réaliser confortablement une mesure toutes les 10 minutes. A l'inverse, à de fortes concentrations comme en milieu professionnel ou très pollué ($> 100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), le volume d'air prélevé peut être réduit à par exemple 400 mL (soit 200 mL/minute pendant 2 minutes ou 100 mL/minute pendant 4 minutes). Pour les concentrations intermédiaires, les conditions de prélèvement de l'air extérieur sont applicables, ce qui induit de baisser légèrement le gain du détecteur (une mesure toutes les 10 minutes), mais il est possible également de privilégier la résolution temporelle en réalisant une mesure toutes les 6 minutes avec un prélèvement de 300 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ pendant 2 minutes.

En conclusion, la légèreté de notre analyseur de formaldéhyde, sa calibration aisée et son logiciel performant le rendent très pratique d'utilisation, même si à ce jour, il est destiné à des «spécialistes». Les objectifs du projet ont été entièrement atteints en termes de sensibilité, de transportabilité et d'automatisation.

2- Développements de méthodes de prélèvement et d'analyse de composés organiques semi-volatils

Les travaux de ces dix dernières années s'intéressent principalement au développement de nouvelles stratégies d'échantillonnage de polluants organiques dans l'air, associées à de nouvelles stratégies analytiques dont la finalité principale est de réduire au maximum l'utilisation de solvants et d'augmenter la sensibilité de détection.

Développement de capteurs passifs pour évaluer la variabilité dans l'espace et dans le temps de polluants organiques semi-volatils et l'exposition des populations et des écosystèmes à ces contaminants

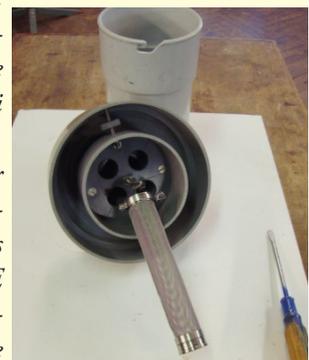
La pollution de l'atmosphère est un sujet dont l'intérêt ne cesse de croître au sein de la communauté scientifique et du grand public, ce dernier étant de plus en plus sensible à la qualité de son environnement. Comprendre les effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine ou sur les écosystèmes requiert une connaissance précise des émissions, des niveaux de concentration mais également du devenir des polluants dans l'atmosphère. Pour cela, il faut développer des stratégies d'échantillonnage complexes afin de décrire avec précision la variabilité géographique, temporelle et contextuelle de ces niveaux de contamination. Cela nécessite la mise en place de campagnes de mesure de grande envergure. Ces campagnes, dès lors que l'on s'intéresse à des composés semi-volatils appelés COSVs

(pesticides, Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques (HAPs), PolyChlorobiphényles (PCBs),...), souvent à l'état de traces, sont très lourdes et coûteuses à mettre en œuvre. Actuellement, aucun système d'analyse directe n'est disponible pour évaluer la contamination de l'atmosphère par ces substances, comme il en existe pour des polluants primaires, tels les oxydes de soufre (SO_x) et d'azote (NO_x) ou secondaires comme l'ozone ou les Peroxy Acyl Nitrates (PAN).

Les moyens de prélèvement couramment employés à l'heure actuelle pour la collecte de COSVs dans l'atmosphère utilisent des systèmes de pompage à haut volume sur un filtre suivi d'un adsorbant solide pour la collecte respectivement des phases particulaire et gazeuse. Ces dispositifs, bien que performants, sont très onéreux et lourds à utiliser lorsqu'on veut, par exemple, effectuer un suivi des variations spatio-temporelles des niveaux de concentrations. Hormis la nécessité de plusieurs collecteurs répartis sur la zone d'étude, leur maintenance et leur mise en place mobilisent des moyens humains importants. Le rapatriement après échantillonnage et le traitement des pièges au laboratoire ne sont pas non plus négligeables. Face à toutes ces difficultés induites par les préleveurs à haut-volume, il apparaît nécessaire de réfléchir à des méthodes alternatives originales et innovantes permettant le prélèvement et l'analyse des COSVs dans l'atmosphère, dans une optique d'évaluation de l'exposition des populations par exemple.

L'échantillonnage passif (voir encadré ci-dessous) constitue une méthode simple, facile d'utilisation et peu onéreuse, pour étudier les variations de niveaux de concentrations en

Le **capteur passif** présenté ci-contre est constitué d'un cylindre maillé en Inox rempli de résine XAD-2. Il dérive de celui développé par Wania et coll. en 2003. Il a été modifié pour pouvoir être introduit directement, sans manipulation, dans une cellule d'extraction ASE (Accelerated solvent Extraction). L'extraction a été réalisée à l'aide d'acétonitrile, solvant polaire et miscible à l'eau.



L'utilisation de l'ASE permet à la fois de réduire considérablement le volume de solvant et d'utiliser des solvants polaires. Après concentration, l'extrait d'acétonitrile est repris dans de l'eau à pH 3 et à 10.5 % de NaCl pour subir une nouvelle étape de purification par SPME (Micro-Extraction en Phase Solide), elle-même n'utilisant aucun solvant. Grâce à la méthode développée, il est possible, avec un seul capteur, d'analyser des pesticides, des HAPs et des PCBs.

COSVs dans l'atmosphère. Cette technique est déjà appliquée en routine pour certains Composés Organiques Volatils (COVs) comme les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène), le formaldéhyde et autres polluants primaires (NO_x, ammoniac NH₃, ...) par les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA).

Si le concept et la théorie concernant les échantillonneurs passifs sont maintenant bien maîtrisés, il subsiste encore beaucoup de travail conceptuel et expérimental, en particulier pour le choix de l'adsorbant, l'étalonnage et l'interprétation des données fournies. De plus, les processus d'extraction et de purification des échantillonneurs passifs, après échantillonnage de composés organiques polaires, nécessitent encore des développements.

Les principaux résultats obtenus et partiellement publiés ont montré l'applicabilité de ces capteurs pour le suivi, à moindre coût, des variations dans l'espace et dans le temps des pesticides, des HAPs et des PCBs. La calibration de ces capteurs est partiellement réalisée pour les PCBs et les pesticides. Leur validation est en cours.

Les mêmes types de capteurs ont été utilisés pour le suivi de l'air intérieur avec succès. Ce sont des modèles plus réduits et leur extraction est réalisée par désorption thermique sans aucune utilisation de solvants. Actuellement, des travaux visant à comparer le biomonitoring (utilisation d'aiguilles de pin) et l'échantillonnage passif sont en cours.

Développement analytique

Les premiers résultats obtenus sur les capteurs passifs et les aiguilles de pin utilisées comme biomoniteurs ont montré que, malgré la spécificité de l'extraction et de l'analyse, une étape de purification s'avère nécessaire. Pour cela, après extraction, une étape de SPE (Extraction en Phase Solide) est réalisée avant injection en GC et LC-MSMS.

Une méthode multi-résidus pour l'analyse, à partir d'un seul extrait d'échantillon (capteur ou aiguilles de pin), de 62 molécules de pesticides, de 22 PCBs, de 12 pesticides organo-chlorés et de 16 HAPs a été développée et validée. Cette méthode est actuellement en train d'être transposée sur d'autres matrices (sols, escargots) afin de la généraliser, quelle que soit la matrice étudiée.

De même pour l'air intérieur, une méthode multi-résidus permettant, à partir d'un seul capteur passif, d'analyser 116 molécules de polluants allant des pesticides, en passant par les HAPs, les PCBs, les Polychlorodiphényléthers (PBDEs) et autres perturbateurs endocriniens est en cours de validation. Cette méthode permettra de réaliser, à partir d'un seul échantillon, un « screening » des polluants semi-volatils de l'air intérieur. Cette méthode va être prochainement transposée aux poussières de maison.

Avancées scientifiques permises par les financements dans le cadre du réseau

Les financements par le réseau REALISE ont permis notamment le développement d'une méthode d'analyse du formaldéhyde dans l'air qui est unique et extrêmement performante en termes de sensibilité et de précision. Ces travaux innovants ont d'ailleurs été récompensés par deux prix (voir les effets induits ci-après).

Ils ont également permis, grâce à l'acquisition d'une LC-MSMS, de combler les lacunes analytiques de l'équipe de physico-chimie de l'atmosphère pour le suivi et la quantification de certains molécules polaires.

Développement de deux thématiques

La thématique de l'air intérieur a été développée au cours de ces dernières années quand les scientifiques ont commencé à s'intéresser à la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments suite à la création, en France, de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) en 2001.

La thématique de l'échantillonnage passif est en plein développement du fait de sa simplicité d'utilisation. Des travaux restent néanmoins nécessaires, en particulier sur leur applicabilité aux molécules semi-volatiles.

Renforcements thématiques basés notamment sur les gros équipements financés dans le cadre du réseau

A travers ses travaux soutenus notamment par le réseau REALISE, l'équipe de physico-chimie de l'atmosphère de l'ICPEES a acquis des compétences et une expertise reconnue sur la qualité de l'air intérieur. Elle participe à ce titre au projet MERMAID qui vise à caractériser l'air intérieur des bâtiments BBC par couplage entre des mesures expérimentales et des modélisations. En outre, Stéphane Le Calvé est devenu responsable du Groupe de Travail «Air intérieur» du programme PRIMEQUAL (Ministère de l'Environnement et ADEME), et a coordonné, en 2012, la rédaction d'un appel d'offre sur cette thématique.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Partenaires
MINIaturisation d'un analyseur de FORMALdéhyde en temps réel dans l'AIR (MINIFORMALAIR)	LMSPC-LCOSA Strasbourg, LIPHT-G2IP Strasbourg, 2011-2013
Réseau de CAPteurs de FormaldEhyde intelligents pour la surveillance de l'air INTérieur (CAPFEIN)	LMSPC-LCOSA Strasbourg, LIPHT-G2IP Strasbourg, CRAN Nancy, 2012-2015
Caractérisation détaillée de l'air intérieur des bâtiments BBC par couplage entre Mesures Expérimentales Représentatives et Modélisation Air Intérieur Détaillée (MERMAID)	PC2A Lille, EMD Douai, ASPA Strasbourg, LaSIE La Rochelle, LIVE Strasbourg, 2012-2015
Innovations pour une Gestion durable de l'Eau en Ville	Projet ANR-INOGEV : Programme Villes Durables 2009 IFSTTAR Nantes, LEESU Univ. Paris Est, Univ. Lyon 1

Post-doctorants invités grâce aux équipements obtenus et/ ou aux collaborations développées dans le réseau REALISE

Stéphanette Englaro en tant que «post-doctorante valorisation» pendant 18 mois (2011-2012)

Rapprochement des structures dédiées à l'innovation

- **Pôle Energivie** : ANR ECOTECH 2012-2015. Miniaturisation des mesures de formaldéhydes. Réseau de CAPteurs de FormaldEhyde intelligents pour la surveillance de l'air INTérieur (CAPFEIN) – projet labellisé en avril 2011. Partenaires : LMSPC-LCOSA et LIPHT-G2IP (Strasbourg)
- **SATT Conectus** (Fonds de maturation) : MINIaturisation d'un analyseur de FORMALdéhyde en temps réel dans l'AIR (MINIFORMALAIR). 2011-2013. Partenaires : LMSPC-LCOSA et LIPHT-G2IP (Strasbourg)

Création de deux prototypes et d'une start-up

REALISE a soutenu à un moment clef le développement d'une méthode d'analyse en temps réel du formaldéhyde, ce qui a abouti à la réalisation de deux prototypes de l'analyseur de formaldéhyde automatique à l'ICPEES. Ce développement technologique a été valorisé par un brevet déposé par le CNRS en France puis étendu à l'international.

Il a également mené à la création de la start-up «IN'AIR SOLUTIONS» (en cours) qui a reçu 3 prix distinctifs (voir liste ci-dessous).

Lauréat à des concours dans le domaine de l'innovation

- Lauréat du concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes 2011 en catégorie « Emergence ». Porteur de projet : S. Le Calvé.
- Lauréat du prix «Région Alsace» 2011 pour le projet « In'Air solutions ». Porteur de projet : S. Le Calvé.
- Lauréat du concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes 2013 en catégorie « Emergence ». Porteur de projet : S. Englaro.

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Type de contrat et partenaires
Étude en laboratoire de la dégradation photochimique de polluants organiques persistants et mesures de leurs constantes de Henry.	PRIMEQUAL 2 (MATE), 2003 – 2004
Étude des variations dans l'espace et le temps des pesticides et des nitrophénols dans l'atmosphère	PRIMEQUAL 2 (MATE), 2003 – 2005
Exposition aux aldéhydes dans l'air : rôle dans l'asthme.	PRIMEQUAL 2 (MATE). Partenaires : INSERM Strasbourg, PC2A Lille, 2003-2005
Développement de méthodes autonomes pour l'analyse en temps réel des aldéhydes (DALD)	ACI Energie, Conception Durable. Partenaires : LACE Lyon et LISA Créteil, 2004-2007
Analyseur du formaldéhyde dans l'air – Réalisation d'un prototype transportable automatisé et piloté	PRIMEQUAL APR air intérieur (MEEDDAT & ADEME), 2009-2012
MINIaturisation d'un analyseur de FORMALdéhyde en temps réel dans l'AIR (MINIFORMALAIR)	SATT Conectus (Fonds de maturation) Partenaires : LMSPC-LCOSA et LIPHT-G2IP-Strasbourg, 2011-2013
Réseau de CAPteurs de FormaldEhyde intelligents pour la surveillance de l'air INTérieur (CAPFEIN)	ANR ECOTECH. Partenaires : LMSPC-LCOSA et LIPHT-G2IP - Strasbourg, CRAN Nancy, 2012-2015
Étude modèle de l'exposition de végétaux à la pollution atmosphérique : utilisation d'une réponse enzymatique comme bio-indicateur (BIO-ATMO)	PNETOX (MATE) via ADEME. Partenaires : IBMP Strasbourg, 2005-2008
Développement de capteurs passifs pour l'évaluation de l'exposition des populations aux pesticides	CRD AFSSET. Partenaires : LPTC Bordeaux, 2007-2009
Développement d'une méthode intégrée pour l'estimation des expositions aux produits phytopharmaceutiques dans une population de professionnels non agricoles	APR EST AFSSET. Partenaires : CNAM Angers, Labo Tox CHU Limoges, LPTC Bordeaux, 2007-2009
Développement d'une méthode d'analyse de pesticides dans les cheveux en vue de l'évaluation de l'exposition des travailleurs agricoles	CRD AFSSET. Partenaires : CRPS-Santé Luxembourg, 2008-2009
Caractérisation chimique et toxicité des aérosols dans les mégacités (MEGATOX)	ANR « Contaminants Ecosystèmes Santé (CES). Coordinateur J. Sciare (CNRS Gif sur Yvette). Partenaires : LCSE, EMD, LCTC, LEPI, IPL, LPCR, 2008-2012
Innovation pour une gestion durable de l'eau en ville (INOGEV)	ANR INOGEV. Coordinateur V. Ruban (LCPC Nantes). Partenaires : CEREVE, INSA Lyon, IRSN Cherbourg, CEREVA, 2010-2014

PRIMEQUAL : Programme de Recherche Interorganisme pour une MEilleure QUalité de l'Air à l'échelle Local

MATE : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

PHRC : Programme Hospitalier de Recherche Clinique

MEEDDAT : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire

AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

Directrice du laboratoire de 2009 à 2013 : Christiane Weber (DR CNRS)
Directeur du laboratoire depuis 2013 : Dominique Badariotti (PU Uds)
Responsables de l’équipe : Alain Clappier (PU Uds), Nadège Blond (CR CNRS)
Autres membres de l’équipe : Didier Hauglustaine (DR CNRS), Jean-Luc Ponche (Mdc Uds)

Les résultats scientifiques

L’équipe a pu développer trois nouvelles thématiques de recherche au sein du réseau REALISE : émissions de polluants, pollution de l’air, dépenses énergétiques des bâtiments et climat urbain.

Émissions de polluants issus du trafic

Le modèle numérique EMISENS est développé dans l’objectif d’estimer, à moindre coût, les émissions de polluants issus du trafic. La méthodologie s’appuie sur un calcul des émissions, couplé à un calcul de sensibilité des résultats aux données d’entrée. Les temps de calcul sont fortement réduits par rapport à d’autres méthodologies grâce à une organisation du calcul par types de routes et de véhicules.

Le gain de temps est mis à profit pour calculer les incertitudes dues aux paramètres d’entrée du modèle. L’utilisateur peut ainsi concentrer ses moyens financiers pour mesurer plus finement les paramètres les plus influents. Cette méthodologie permet également de garder une cohérence entre les méthodologies utilisées le plus souvent en Europe (Bottom-up et Top-down). Il a été montré que cette simulation permet de produire rapidement et à bon marché des cadastres d’émission de polluants aussi valides que d’autres méthodes, tout en assurant automatiquement une cohérence des approches et un calcul d’incertitude.

Pollution de l’air

Le modèle de prévision de la qualité de l’air CHIMERE est un modèle eulérien de chimie-transport qui est développé et utilisé au laboratoire pour faire des études de pollution de l’air dans plusieurs régions (Région Alsace, Inde, Algérie). C’est le modèle sur lequel l’ASPA appuie ses prévisions quotidiennes. Il a été utilisé récemment pour mettre en place la méthodologie RIAT+ dans le cadre du projet Life-OPERA (voir encadré et Figure 1). Ce projet vise à optimiser, en terme de coût-efficacité, les stratégies de réduction de la pollution de l’air. En effet, il existe plusieurs stratégies possibles permettant de réduire la pollution de l’air : amélioration de la qualité des carburants et des véhicules, augmentation des transports en commun au détriment des véhicules privés, etc. Chacune de ces stratégies peut être considérée en fonction de son coût et de son bénéfice environnemental. Le modèle RIAT+ permet de calculer la combinaison de stratégies pour minimiser les coûts afin d’atteindre un bénéfice environnemental fixé, ou de maximiser le bénéfice environnemental pour un coût fixé. Il est actuellement mis en place et testé en Alsace.

Les collectivités (Région Alsace, CUS, M2A) sont sollicitées pour donner leurs avis et permettre d’améliorer le

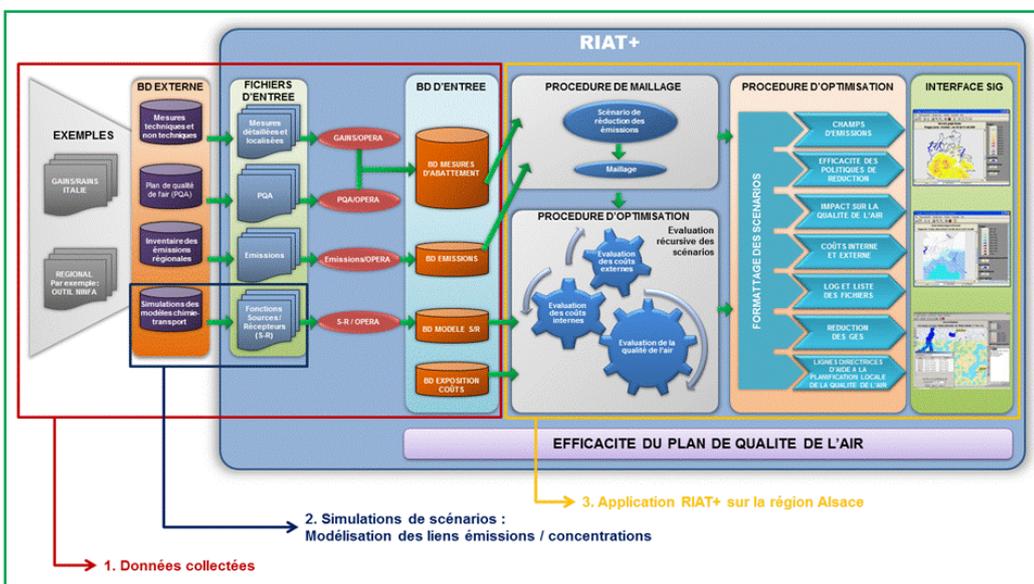


Figure 1 : Schéma général du modèle d’aide à la décision RIAT+, qui permet de définir des stratégies de réduction de la pollution de l’air optimales en termes de coût et efficacité.

Auteur : N. Blond, à partir du schéma proposé par l’équipe coordinatrice du projet, ARPA, Italie.

Le projet européen OPERA (Operational Procedure for Emission Reduction Assessment)

Il a pour objectif de développer une méthodologie et un logiciel (RIAT+) permettant d'aider les autorités à définir des politiques régionales de la qualité de l'air, cohérentes avec les actions nationales et européennes. Il s'agit d'optimiser le coût et l'efficacité des stratégies possibles, en tenant compte conjointement des normes réglementaires de la qualité de l'air et des émissions de Gaz à Effet de Serre.

développement de l'outil. D'autres applications du modèle CHIMERE visent à étudier l'impact d'une utilisation croissante de la biomasse pour produire de la bioénergie (Projet Interreg «OUI-Biomasse»).

L'EPAC développe également le modèle de chimie-transport global LMDz-INCA pour étudier l'impact des activités humaines sur la chimie atmosphérique globale. Une attention particulière est portée à l'impact des émissions des secteurs de transport en voie de développement (transport routier, aérien et fluvial). Il a notamment été montré que l'augmentation des émissions d'oxyde d'azote des avions contribuerait à hauteur de 30-40 % à l'augmentation des pics journaliers d'ozone en 2050.

La Figure 2 illustre les premiers résultats du projet IMPACT (voir encadré), qui a pour objectif d'étudier l'impact de l'aviation sur la composition atmosphérique et sur le climat. Cela implique l'amélioration de la représentation de la chimie troposphérique et stratosphérique dans le modèle, du couplage entre chimie gazeuse et aérosols à

travers des réactions hétérogènes et l'évaluation des résultats du modèle global. Le modèle sera ensuite utilisé pour simuler la réponse climatique aux émissions aériennes de polluants. L'objectif de ce travail est d'estimer les forçages radiatifs résultant des émissions aériennes dans l'atmosphère et la réponse climatique du système.

Basé sur le modèle LMDz-INCA, l'équipe développe également un nouveau modèle de simulation de la qualité de l'air intérieur. D'autres travaux d'expertise visent à évaluer la mise en place des plans de réduction de la qualité de l'air. Le projet FP7 APPRAISAL a par exemple pour objectif de mettre en place des outils d'aide à la décision (bases de données et outils d'évaluation) à l'échelle européenne et à donner à la commission européenne la possibilité d'évaluer les méthodologies utilisées par les instituts agréés pour la surveillance de la qualité de l'air afin de préparer la nouvelle directive sur la qualité de l'air.

Le projet IMPACT

Il a pour objectif d'étudier l'impact de l'aviation sur la composition atmosphérique et sur le climat. Une attention particulière est portée sur la modélisation de la haute-troposphère/basse-stratosphère, région où ont lieu la majorité des émissions aériennes. Cela implique l'amélioration de la représentation de la chimie troposphérique et stratosphérique dans le modèle, du couplage entre chimie gazeuse et aérosols à travers des réactions hétérogènes et l'évaluation des résultats du modèle global. Le modèle sera ensuite utilisé pour simuler la réponse climatique aux émissions aériennes de polluants.

L'objectif de ce travail est d'estimer les forçages radiatifs résultant des émissions aériennes dans l'atmosphère et la réponse climatique du système.

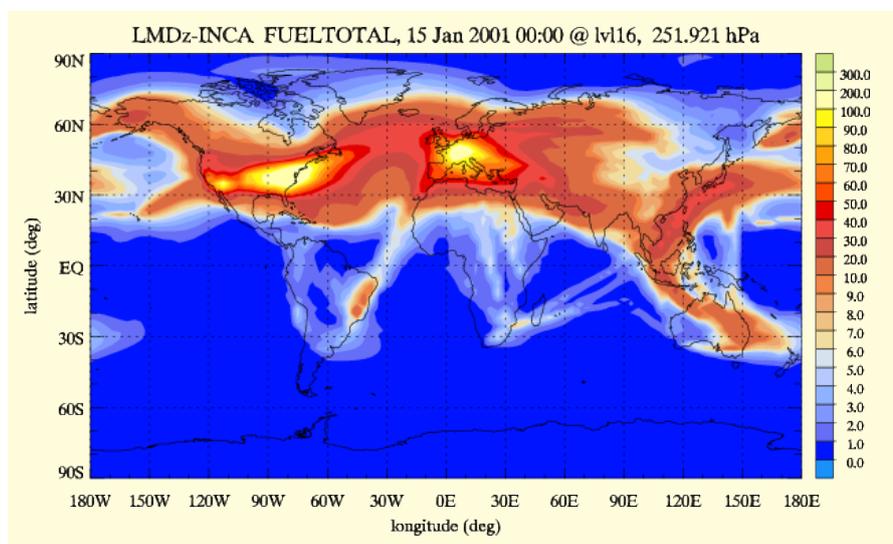


Figure 2 : Exemple de résultats obtenus dans le cadre du projet IMPACT. Distribution d'un traceur de fuel (temps de vie de 15 heures) émis par l'aviation à 250 hPa après un mois de simulation en janvier (en $10^{-17} \text{ Kg.cm}^{-3}$). Ce traceur permet de prendre en compte la chimie rapide au sein des panaches des avions. Auteurs : R. Valorso et D. Hauglustaine

Dépenses énergétiques des bâtiments et climat urbain

Les dépenses énergétiques d'un bâtiment dépendent de ses caractéristiques internes et des conditions atmosphériques externes. Celles-ci sont déterminées par la structure du quartier environnant et des phénomènes météorologiques urbains (effets de l'îlot de chaleur). Inversement, les dépenses énergétiques d'un bâtiment influencent le climat urbain. Les modèles numériques FVM (Finite Volume Model) et WRF sont des modèles météorologiques développés dans l'objectif d'évaluer la demande énergétique des bâtiments à l'échelle d'une agglomération. Ils permettent de simuler la météorologie à l'échelle d'une région ou d'une grande agglomération, ainsi que l'effet des bâtiments sur les premières couches atmosphériques.

Ils incluent un module d'énergie du bâtiment qui permet de calculer les flux de chaleur imposés entre l'intérieur et l'extérieur pour garder sa température intérieure constante. Ce module a été couplé à un nouveau modèle de canopée urbaine (CIM), qui a été créé de manière à mieux calculer les flux surfaciques de chaleur, de quantité de mouvement et d'humidité. Le modèle CIM devrait, dans un futur proche, permettre d'améliorer le couplage de modèles méso-échelles tels que FVM ou WRF (Figure 3) avec des modèles micro-échelles. Les applications possibles d'un tel système numérique visent à :

- évaluer l'impact de stratégies locales d'aménagement urbain pour améliorer le confort thermique des populations,
- réduire les dépenses énergétiques et les émissions de polluants associées.

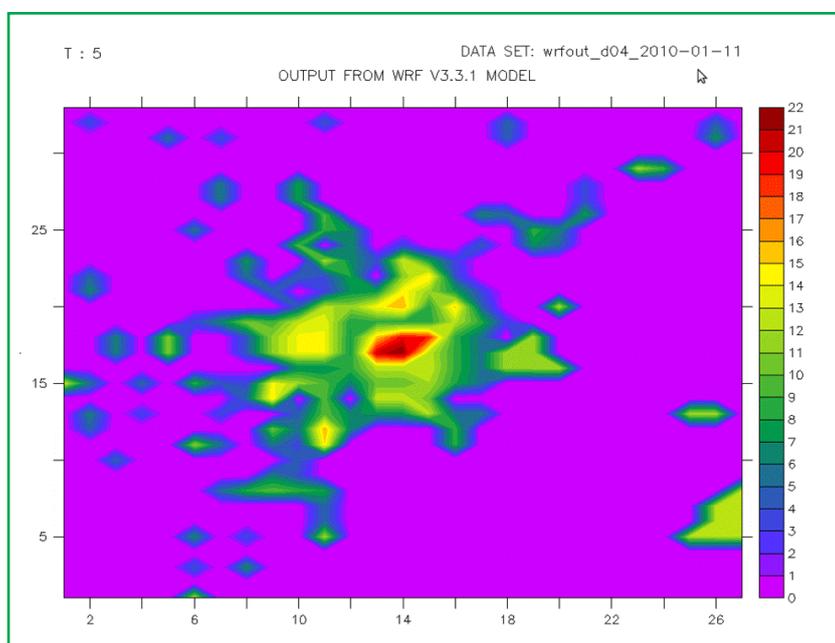


Figure 3 : Consommation énergétique de la Communauté Urbaine de Strasbourg en $W.m^{-2}$, calculées par le système WRF-CIM pour le 11 janvier 2010.

Auteurs : M. Kohler, D. Mauree, N. Blond.

Développement d'une équipe liée à cette nouvelle thématique

Les financements obtenus par le réseau REALISE ont permis de créer l'équipe « Énergie, Pollution de l'Air et Climat » (EPAC), qui regroupe, depuis 2008, des physiciens-chimistes de l'atmosphère au sein du Laboratoire Image Ville Environnement. Les équipements acquis ont permis de créer très rapidement un environnement de travail équivalent aux meilleures équipes internationales.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Tous les contrats sur lesquels se sont engagés les chercheurs de l'EPAC ont été obtenus en s'appuyant sur les équipements acquis via le réseau REALISE. Ces contrats ont permis, par ailleurs, de compléter le matériel acquis par le réseau REALISE.

Thématique	Type de contrat et partenaires
Développement d'un système météorologique multi-échelles pour améliorer la modélisation du climat urbain	Thèse ADEME de Dasaraden Mauree, 2009-2013
Modélisation des besoins énergétiques des bâtiments à l'aide d'un modèle météorologique : application sur la Communauté Urbaine de Strasbourg	Thèse CNRS de Manon Kohler, 2009-2013
Observation et modélisation du climat urbain : application aux villes pakistanaises	Thèse SFERE de Sajjad Hussain Sajjad, 2009-2013
Optimisation des stratégies de réduction de la pollution de l'air sur la Région Alsace	Post-doctorat UdS et CNRS de Lioba Markl-Hummel (Life+ OPERA), 2011-2014
Développement d'un module de calcul de l'impact des nuages sur la radiation solaire dans le modèle FVM	Post-doctorat CNRS de Shoaib Raza (Pakistan, post-doc CNRS), 2011
Simulation de la qualité de l'air en Alsace	Contrat ingénieur UdS et CNRS de Vincent Dujardin, juin 2012-juin 2013
Étude des services écosystémiques des Trames Vertes. Développement d'un modèle de canopée urbaine pour l'étude de l'impact de la végétation sur les dépenses énergétiques et le climat urbain	Projet ANR Trame Verte. Partenaires : UMR 5173 CNRS/MNHN/UPMC, UMR LADYSS 7533, Agrocampus Ouest - Angers INHP, LPED Marseille, MNHN Anthropologie, IMEP Marseille, CAREN, CEFE Montpellier, LARES Rennes ; CBNBP, 2009-2012
Appui à la mise en place de la nouvelle directive européenne sur l'air.	FP7 APPRAISAL. Partenaires : JRC, VITO, SKYKE, INERIS, AUTH, UAVR, SRI, TERRARIA, CIEMAT, ULB, BSC-CNS, UBA, ASPA, 2009-2012
Étude de l'impact de l'aviation sur la composition atmosphérique et sur le climat	Projet IMPACT. Partenaires : Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD), Centre Européen de Recherche et Formation Avancée en Calcul Scientifique (CERFACS), Centre National de Recherches Météorologiques, Groupe d'études de l'Atmosphère Météorologique (CNRM-GAME), et Société Nationale d'Etudes et Construction de Moteurs d'Aviation (SNECMA). Ce projet est financé par la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), 2012-2016

Chercheurs invités grâce aux équipements et/ ou aux collaborations développées dans le réseau

Alberto Martilli (CIEMAT, Espagne), 1 mois en 2012. Calcul des dépenses énergétiques des bâtiments de la Communauté Urbaine de Strasbourg.

Rapprochement des structures dédiées à l'innovation

- **Pôle énergivie** : ce pôle a labellisé le projet Interreg Offensive Science OUI-BIOMASSE, 2012

AXE 3

La prévention des pollutions et les procédés de remédiation, catalyse, environnement et énergies nouvelles

Les thématiques de cet axe ont légèrement évolué au cours des deux contrats 2000-2006 et 2007-2013. Centrées initialement sur le développement de procédés de remédiation, et de façon plus générale de réduction des rejets de polluants dans l'eau, les sols et l'atmosphère, les thématiques de cet axe se sont intéressées aux procédés permettant une meilleure maîtrise des ressources énergétiques et au développement de nouvelles sources d'énergie (valorisation de la biomasse, pile à combustible, etc.), notamment par les travaux sur la catalyse.

Les travaux menés portent à la fois sur les procédés catalytiques nécessitant l'utilisation de techniques microscopiques haute résolution et sur les procédés bio-catalytiques utilisant des micro-organismes.

Les laboratoires et équipes impliqués dans l'axe 3 lors du CPER 2007-2013 sont les suivants :

- Laboratoire Gestion des Risques et Environnement (GRE), EA 2334 - UHA
- Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé (ICPEES), UMR 7515 Uds-CNRS
 - Équipe «Nanostructures Carbonées et Catalyse»
 - Équipe «Matériaux Avancés pour la Réactivité des Interfaces»
 - Équipe «Electrochimie et Conversion d'Energie»
 - Équipe «Energie et Carburants pour un Environnement Durable»
 - Équipe «Photo-catalyse et Photo-conversion pour l'Energie, L'Environnement et la Santé»
- Génétique Moléculaire Génomique Microbiologie» (GMGM), UMR 7156 Uds-CNRS
Département «Microorganismes, Génomes, Environnement»
 - Équipe «Adaptations et Interactions Microbiennes dans l'Environnement»
- Institut de Recherche de l'Ecole de Biotechnologies de Strasbourg (IREBS), UMR 7242 Uds-CNRS,
Laboratoire «Biotechnologie et signalisation cellulaire»
 - Équipe « Transports membranaires bactériens »
- Laboratoire de Chimie Moléculaire, UMR 7509 Uds-CNRS
 - Laboratoire de Chimie Médicinale et Bioorganique

Directeur du laboratoire depuis 2008 : Jean-François Brillhac (PU UHA)

Autres chercheurs impliqués : Alain Brillard (PU UHA), Pierre Ehrburger (PU UHA, Directeur du GRE de 2004 à 2008, parti à la retraite en 2008), Patrick Gilot (PU UHA, Directeur du GRE de 1999 à 2003, parti à la retraite en 2010), Medji Jeguirim (Mdc UHA), Gontrand Leysens (Mdc UHA), Lionnel Limousy (Mdc UHA), Hakim Mahzoul (PU UHA), Gwenaëlle Trouve (PU UHA), Valérie Tschamber (PU UHA)

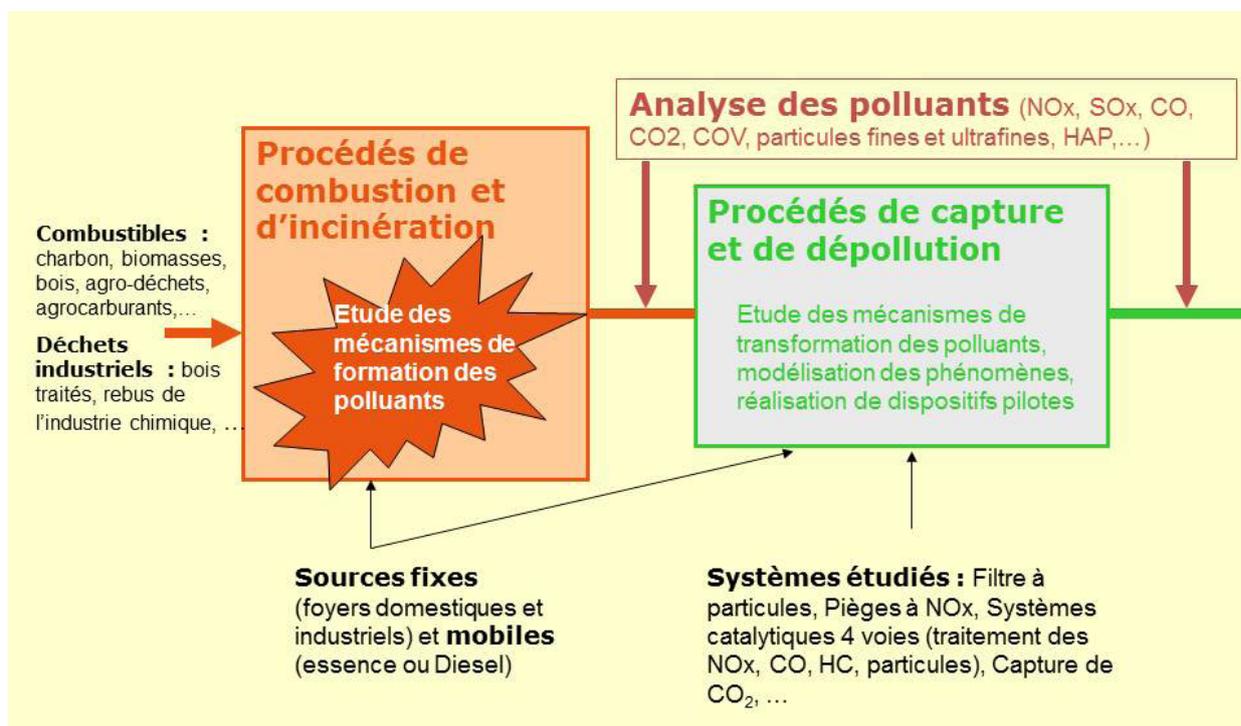
Les résultats scientifiques

Le laboratoire Gestion des Risques et Environnement est une équipe d'accueil de l'Université de Haute-Alsace (EA2334). Les travaux de recherche développés au laboratoire portent sur :

- l'étude des procédés de combustion et d'incinération,
- l'étude des procédés de capture et de dépollution des effluents gaz et particulaires émis par ces procédés,
- le développement de méthodes et modèles pour l'identification et l'analyse des risques.

Les thématiques de recherche du laboratoire GRE sont décrites synthétiquement dans le schéma ci-dessous.

Le laboratoire GRE est impliqué principalement dans le réseau REALISE au travers des travaux menés dans l'équipe 'Procédés de Dépollution appliqués aux sources fixes et mobiles'. Depuis 2003, les orientations principales de cette équipe concernent l'étude des systèmes de traitement des polluants (gaz, particules) émis à l'échappement des sources mobiles et la modélisation des procédés associés.



Nouveautés et renforcements

Depuis 2007, un nouvel axe thématique est en développement au GRE. Il porte sur la valorisation énergétique de biomasses et co-produits. Il a été initié dans le cadre d'une étude ADEME qui visait à développer un système catalytique pour l'abattement de CO émis par la combustion du bois dans les inserts (source fixe), et ceci en partenariat avec un industriel alsacien (Fondis).

Le GRE a été sollicité pour ses compétences dans le domaine des procédés catalytiques de dépollution des sources mobiles. Deux brevets d'invention ont été déposés dans ce cadre. Compte tenu de la conjoncture actuelle en matière de diversification des ressources énergétiques, d'autres études ont suivi, et c'est dorénavant un axe fort de recherche au laboratoire.

L'intérêt du GRE pour les nouvelles ressources biomasses et son investissement passé dans le domaine de la dépollution des sources mobiles ont conduit le laboratoire à se doter, en 2009, d'une plateforme d'étude de l'impact de l'utilisation des biodiesels sur les émissions de polluants et sur les systèmes de dépollution.

Avancées scientifiques permises par les financements du réseau REALISE

1. Dépollution des effluents gazeux issus des sources mobiles et fixe

Présente au laboratoire depuis les années 90, cette thématique concernait, à ses débuts, l'étude des procédés de dépollution des échappements automobiles (convertisseurs catalytiques 3 voies, catalyseurs 'piège à NO_x', filtres à particules). Au fil des années, les activités de recherche menées au GRE sur cette thématique ont non seulement évoluées en fonction des avancés technologiques et réglementaires apportées au domaine de l'épuration des échappements automobiles, mais se sont également étendues au développement de procédés de traitement des fumées générées par la combustion de la biomasse au sein de sources fixes (appareils de chauffage domestiques ou industriels).

Les procédés de post-traitement des sources mobiles et fixes impliquent, pour la majorité d'entre eux, la participation d'un catalyseur. L'objectif premier des études menées au laboratoire GRE, dans ce domaine, consiste à définir les phénomènes physico-chimiques et mécanismes réactionnels se produisant au sein des procédés catalytiques. Cette étape passe tout d'abord par la réalisation d'expériences à l'échelle du laboratoire. Dans un deuxième temps, une modélisation des phénomènes observés permet de contribuer à l'optimisation des procédés de post-traitement qui, par la suite, peuvent être testés à l'échelle du pilote.

Étude du vieillissement de catalyseurs 3 voies

La pollution émise par les automobiles à motorisation essence est aujourd'hui traitée efficacement à l'aide des catalyseurs 3 voies. Ces 'pots catalytiques 3 voies', placés au niveau de la ligne d'échappement, sont actifs vis-à-vis de l'oxydation du CO et des hydrocarbures par l'oxygène et de la réduction de NO par des réducteurs (CO, H₂, HC) présents dans les gaz d'échappement. Un problème majeur auquel sont confrontés les constructeurs automobiles concerne le vieillissement des particules de métaux précieux qui, peu à peu, perdent une partie de leur activité catalytique.

Les phénomènes de vieillissement sont essentiellement attribués aux importantes variations de température auxquelles sont soumis les catalyseurs et se traduisent par un frittage des particules métalliques. Les travaux menés au laboratoire GRE dans le cadre de la thèse de J. Yang (soutenue en 2008), en partenariat avec l'Institut de Chimie et

Procédés pour l'Énergie, l'Environnement et la Santé (IC-PEES) de Strasbourg, ont permis d'établir une corrélation entre la taille et la dispersion des particules métallique d'un catalyseur à base de platine et son activité catalytique vis-à-vis de l'oxydation de CO par O₂. Pour ce faire, le catalyseur a été soumis à différents vieillissements thermiques dans le banc expérimental de test catalytique, acquis en 2003 dans le cadre du réseau REALISE. L'utilisation de la technique de microscopie électronique à transmission (MET) a permis la détermination de la dispersion métallique et de la distribution en taille des particules de platine. Le développement d'un modèle cinétique a conduit à proposer une loi de vitesse reliant la constante de vitesse au diamètre des particules de platine. Ce travail de modélisation a ainsi permis de quantifier la réactivité intrinsèque des atomes de platine et d'établir le lien entre activité catalytique et vieillissement.

Étude du vieillissement de la phase catalytique des pièges à NOx

Ce travail a été effectué dans le cadre du PREDIT 'Caractérisations fonctionnelles d'un piège à NO_x pour moteur IDE de seconde génération'. Il s'agissait d'étudier la régénération des pièges à NO_x nitrates et sulfates avant et après vieillissement thermique. L'aptitude à la régénération des pièges a été étudiée avec le banc de test catalytique dans le cas de réducteurs tels que l'hydrogène, le monoxyde de carbone et les hydrocarbures. Il a ainsi pu être montré que les pièges sulfatés pouvaient être régénérés dès 520°C par H₂ et CO. En ce qui concerne l'étude du vieillissement des phases catalytiques à base de Pt, Pd et Rh, la diminution de la capacité d'adsorption de NO_x est essentiellement liée au frittage du catalyseur.

Réduction des NOx en milieu oxydant sur matériaux zéolithiques

La réduction en continu des NO_x par voie catalytique en milieu riche en oxygène reste une difficulté majeure. L'utilisation de matériaux zéolithiques comme catalyseurs est potentiellement envisageable. En effet, il peut exister, au sein de la porosité, des zones où le milieu est réducteur. L'accessibilité de différents hydrocarbures dans les pores de différentes zéolithes a été étudiée expérimentalement en utilisant la technique de la chromatographie inverse. Après injection d'un pulse d'hydrocarbure à l'entrée d'une colonne chromatographique remplie du matériau zéolithique, l'analyse du signal en sortie de colonne a permis, par modélisation du transport (diffusion) de l'hydrocarbure couplé à son adsorption, de déterminer à la fois la constante de Henry relative à l'adsorption et le coefficient de diffusion relatif au transport (thèse de S. Boulard soutenue en 2005).

Étude du fonctionnement de catalyseur de types pièges à oxydes d'azote et convertisseurs '4 voies'

L'objectif de ces études est de caractériser le fonctionnement de catalyseurs utilisés dans les lignes d'échappement d'automobiles fonctionnant en mode cyclé lean-burn/rich. Les catalyseurs étudiés ont la propriété d'adsorber les oxydes d'azote dans des conditions de mélange pauvre et de les désorber et réduire lors d'une courte phase de mélange riche.

Dans le cadre du programme de recherche européen AHE-DAT 'Advanced Heavy Duty Engine Aftertreatment Technology', le laboratoire a développé des modèles simulant le fonctionnement de systèmes adsorbants nouveaux, proposés par des laboratoires partenaires du consortium. Ces modèles ont permis d'extraire des constantes cinétiques pour les réactions de sorption et désorption en milieu réducteur pour chaque matériau testé. Ces valeurs sont reprises pour développer des logiciels de modélisation du fonctionnement des systèmes de dépollution embarqués sur véhicules.

Dans l'optique de diminuer la complexité et l'encombrement des procédés de post-traitement, il est aujourd'hui nécessaire de développer des systèmes catalytiques dits '4 voies', qui regroupent sur un même support les fonctions de piégeage et d'oxydation des suies via un filtre à particules (FAP) et de réduction des oxydes d'azote via un 'piège à NO_x'. Dans ce but, des études à caractère fondamental ont été menées afin d'apprécier l'influence de la présence de suies sur l'activité de catalyseurs de type 'pièges à NO_x'.

Les catalyseurs étudiés sont, d'une part des catalyseurs modèles à base de platine et baryum supportés sur alumine et d'autre part, un système catalytique '4 voies' commercialisé par Toyota, dénommé DPNR (Diesel Particulate NO_x Reduction). L'activité de ces catalyseurs vis-à-vis de l'adsorption des NO_x est étudiée sur le banc de tests catalytiques, dans lequel les catalyseurs sont placés seuls ou en mélange avec un noir de carbone utilisé comme modèle des suies Diesel.

Une diminution de la capacité de stockage des catalyseurs, lorsque ces derniers sont en contact avec du noir de carbone, a été mise en évidence (thèse de J. Klein soutenue en 2011). Dans la continuité de ces travaux, la thèse de D. Wu vise à améliorer la compréhension de l'influence du contact entre le noir de carbone et différents catalyseurs modèles, de type 'piège à NO_x', sur les mécanismes d'adsorption des NO_x. Ces travaux sont réalisés en partenariat avec l'Institut de Chimie et Procédés pour l'Énergie, l'Environnement et la Santé (ICPEES), membre du réseau REALISE.

Mise au point d'un procédé de traitement catalytique des émissions issues du chauffage domestique au bois

L'objectif de ces travaux était de développer des moyens pour réduire les émissions polluantes (CO, COV non méthanique, HAP, poussières) issues de la combustion du bois dans des appareils de chauffage domestiques au bois afin de pouvoir satisfaire à la fois aux normes environnementales nord-américaines en vigueur actuellement, et aux futures normes européennes. Les appareils de chauffage retenus ont été fournis par un partenaire industriel alsacien (Fondis). Dans une première étape, la caractérisation complète des émissions (CO, CO₂, aérosols fins et ultrafins, COV totaux) pour les deux foyers choisis en conditions de fonctionnement nominale et réduite d'utilisation a été effectuée. L'étude de l'abattement des différents polluants par voie catalytique dans le conduit d'évacuation des fumées a été ensuite menée et a donné lieu au développement d'un catalyseur d'oxydation utilisé dans un système de post-traitement breveté à l'international.

2. Oxydation des suies Diesel

La réduction des émissions de suies Diesel est aujourd'hui réalisée par la mise en place de filtres à particules (FAP) sur les lignes d'échappement des véhicules. L'efficacité des FAP dépend essentiellement de leur capacité à être régénérés. Une régénération continue par oxydation des suies piégées (par O₂ et NO₂ présents dans l'échappement) est aujourd'hui privilégiée par les constructeurs automobiles.

Pour obtenir une efficacité de régénération suffisamment importante, les parois des FAP ou les suies elles-mêmes doivent être alors imprégnées d'un catalyseur. De ce fait les travaux réalisés au laboratoire GRE sur cette thématique ont porté sur la compréhension de l'influence du contact entre suies et catalyseur d'oxydation. Ces études ont été menées dans le cadre d'un programme européen et de collaborations industrielles.

Étude et modélisation de l'oxydation catalytique des suies par les gaz présents dans la ligne d'échappement (NO₂, O₂).

L'objectif de ces travaux (thèse de M. Jeguirim soutenue en 2005, et post-doctorat de F. Ammari) était de déterminer l'effet d'un catalyseur à base de platine sur la cinétique de combustion des suies par un mélange gazeux proche de celui d'un échappement Diesel. Le rôle principal du catalyseur à base de platine est de favoriser la dissociation de l'oxygène et son transfert vers la surface du carbone. Par ailleurs, le catalyseur permet la réoxydation de NO en NO₂ nécessaire pour la déstabilisation des complexes -C(O) en surface de la suie. Un modèle cinétique, développé à partir des résultats obtenus dans le lit fixe traversé,

a permis d'extraire des constantes cinétiques applicables aux conditions de fonctionnement d'un filtre à particules. Ces données cinétiques permettent de rendre compte de la régénération continue d'un filtre à particules. En particulier, l'effet de l'ajout d'un catalyseur dans le filtre à particules a pu être évalué. Ce travail a été effectué dans le cadre du programme européen 'Coated Sintered Metal Trap – COMET'.

L'étude de l'oxydation des suies déposées sur support catalysé avec le dispositif expérimental RVVR (Réacteur de Visualisation Vidéo de la Régénération) a également été abordée en collaboration avec PSA. Des traces de NO dans les gaz d'échappement permettent d'accroître très significativement la vitesse d'oxydation des suies sur support catalysé.

De nouveaux catalyseurs ont été développés dans le cadre de la thèse de Y. Nguyen soutenue en 2003 (collaboration GRE/ICPEES dans le cadre d'un partenariat avec Renault SA). Ces catalyseurs ont donné lieu à une prise de brevet par Renault SA.

Étude et modélisation du contact entre suies et catalyseurs

Dans la continuité de ces travaux, le contact entre un noir de carbone (utilisé comme modèle de suies diesel) et un oxyde de cérium (catalyseur d'oxydation performant) a été étudié afin de prédire la vitesse d'oxydation du noir de carbone (NC) sous différentes conditions (thèse de M. Issa, soutenue en 2008). Pour ce faire, une étude paramétrique de l'oxydation du noir de carbone présent en mélange avec le catalyseur CeO_2 à différentes concentrations, a été réalisée en lit fixe traversé. Les mélanges NC/ CeO_2 ont été caractérisés par microscopie électronique à balayage (MEB) et résonance paramagnétique électronique (RPE - en partenariat avec le Laboratoire de Catalyse et Environnement de l'Université du Littoral-Côte d'Opale à Dunkerque).

Une corrélation a été établie entre la morphologie des mélanges NC/ CeO_2 et la réactivité du noir de carbone (travaux menés en collaboration avec l'ICPEES). Il a été montré que la cinétique d'oxydation du noir de carbone dépend fortement du contact avec le catalyseur, de la taille granulométrique et de la fraction massique de catalyseur présent dans l'échantillon. Sur la base des résultats expérimentaux, des modèles mathématiques mono- et tri-dimensionnels, permettant de simuler l'oxydation du noir de carbone en tenant compte du contact avec le catalyseur, ont été développés.

3. Dépollution des gaz d'échappement issus de la combustion de biodiesels

La politique en matière d'environnement engagée par l'Union Européenne conduit les Etats membres à accroître le taux d'incorporation de biocarburants dans les carbu-

rants conventionnels d'origine fossile. Il devient alors nécessaire d'étudier l'influence de la nature des biocarburants sur, d'une part les émissions polluantes à l'échappement, et d'autre part l'efficacité des procédés de post traitement actuellement utilisés. Dans ce but, un dispositif expérimental constitué d'un moteur Diesel monocylindre (groupe électrogène) et d'une ligne d'échappement sur laquelle les procédés de post-traitement peuvent être incorporés a été mis en place au cours de la période 2007-2011 (financement CPER REALISE). Des mesures de la composition des gaz à l'échappement, en termes de polluants réglementés (CO, hydrocarbures, NOx et suies) ou non (aldéhydes, cétones, particules fines), peuvent être effectuées en amont et en aval du procédé de post traitement.

Une étude comparative des émissions polluantes générées par différents biodiesels a été menée avec ce nouveau dispositif (thèse de A.-F. Cosseron, soutenue en 2012). En parallèle l'efficacité du procédé «4 voies» commercialisé par Toyota (DPNR) a été évaluée pour chaque carburant, vis-à-vis non seulement des polluants réglementés, mais également vis-à-vis d'autres composés tels que les composés carbonyles (aldéhydes et cétones) générés en plus grand nombre lors de la combustion de biodiesel par rapport aux diesels d'origine fossile. L'évolution des normes européennes (EURO 6) conduit également à porter une attention particulière aux émissions de particules fines (PM2.5) et ultra-fines (PM0.1) présentant un impact sanitaire pré-occupant. Les résultats obtenus révèlent une augmentation de la concentration en composés carbonyles en sortie du DPNR. Concernant les émissions des PM2.5 et PM0.1, le procédé DPNR présente une efficacité de plus de 97 % quelle que soit la nature du carburant utilisé. Les facteurs d'émission des PM2.5 en sortie de DPNR restent cependant encore élevés (de l'ordre de 10^6 particules/cm³).

De nouveaux matériaux zéolitiques, qui peuvent se révéler intéressants pour le piégeage et l'oxydation des composés carbonyles, ont été développés dans le cadre d'un partenariat avec l'équipe Matériaux à Porosité Contrôlée de l'IS2M à l'UHA. Ces matériaux ont été intégrés à la ligne d'échappement du banc expérimental afin d'en tester leur efficacité.

4. Valorisation énergétique de la biomasse et des co-produits de l'industrie

Cette nouvelle thématique au GRE vise à mieux connaître les différentes voies de valorisation de biocombustibles de l'industrie agroalimentaire en s'intéressant aux impacts environnementaux, car les rejets issus de la combustion de tels déchets sont peu connus. Des collaborations avec des partenaires universitaires tunisiens (ENIM de Monastir), avec le CNAM Paris, et un partenariat industriel avec la société Le Saffre ont accompagné ces développements (3 thèses soutenues, 1 post-doctorat, 1 master recherche et 3 thèses en cours).

Le GRE a ainsi étudié les possibilités de valorisation thermique de résidus de biomasse issus des productions agricoles (Miscanthus, Arundo Donax, déchets de palmier dattier) et de déchets agroalimentaires (grignons d'olives, margines, vinasse issue des procédés de fabrication de levure, etc.). Il s'agit d'étudier les performances énergétiques, à l'échelle du laboratoire, de ces matériaux biocombustibles ou de leur mélange avec de la sciure de bois ainsi que leurs performances «matières» dans l'absorption de métaux lourds tels que le cadmium, le plomb, le cuivre, le nickel et le zinc dans les conditions opératoires proches de celles rencontrées lors du traitement des effluents résiduaires industriels.

La caractérisation des aérosols est effectuée dans le cadre de ces travaux. Plus spécifiquement, différentes études ont été menées dans le cadre de contrats ADEME. Elles portent sur la caractérisation des particules émises dans les foyers à bois et sur un pilote simulant le fonctionnement d'une chaudière industrielle biomasse.

En outre, depuis 2005, le GRE est engagé dans des études visant l'amélioration des performances énergétiques et environnementales de valorisation de la biomasse en chauffage domestique (bois bûches, granulés). Bien que cette

filière présente un bilan «gaz à effet de serre» très favorable, le bois-énergie peut en revanche conduire à des émissions de polluants atmosphériques qu'il importe de réduire, particulièrement pour les petites puissances. Dans les décennies à venir, le bois-énergie pour le chauffage domestique devra ainsi surmonter le verrou de la réduction significative des émissions atmosphériques de poussières fines PM2,5, ultrafines PM1 et nanoparticules (particules de diamètre inférieur à 2,5 µm, 1 µm et à 0,1 µm, respectivement) et de certains composés gazeux (monoxyde de carbone, COV, HAP, Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène (BTEX), méthane,...) afin de concilier efficacité énergétique et réduction de polluants pour une meilleure qualité de l'air.

Les études réalisées au GRE visent à caractériser les émissions polluantes gazeuses et particulaires (particules fines et ultrafines) liées au chauffage au bois, que ce soit vers l'extérieur, par les fumées, ou en intérieur en émissions diffuses dans l'habitat. Elles concernent des contrats de recherche post-doctoraux, principalement en partenariat avec des fabricants d'appareils indépendants et de chaudières, l'École Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois (ENSTIB), l'European Institute For Energy Research (EIFER), le tout avec un co-financement de l'ADEME.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Partenaires
Piégeage et traitement par des zéolites de polluants de type COV émis par la combustion d'agrocultures	UHA, IS2M, Equipe MPC, , thèse de doctorat de A.F. Cosseron, 2009-2012
Valorisation énergétique de la biomasse	Univ. Lorraine, LERMAB, (Contrats ADEME Turmique)
Étude des polluants générés par des carburants fabriqués à partir d'huiles usagées	Univ Lorraine, ENSIC Nancy, CNRS, LRGP, UPR 3349, (séjours dans le cadre de stages d'élève-ingénieur)
Caractérisation du contact solide-solide en RPE pour la caractérisation de l'oxydation catalytique de suies Diesel	Univ Littorale-Côte d'Opale, (thèse de M. Issa, 2005)
Valorisation énergétique de co-produits de l'industrie agroalimentaire. Développement de matériaux absorbant de NO _x par carbonisation de biomasses	ENI Monastir, ENI Gabès : (thèses en co-tutelles de A. Chouchène, Y. El May, N. Kraiem, I. Ghouma, séjours d'enseignant-chercheur de N. Lajili)
Étude de la combustion de carburants issus de sous-produits	Université de Ouagadougou, séjour de chercheur en doctorat
Étude de la combustion catalytique de noir de carbone	Université du Liban : séjour du Pr. M. Labaki
Piégeage des NO _x et oxydation catalytique de suies	COK Leuven

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements acquis dans le cadre du réseau

Thématique	Type de contrat et partenaires
Étude expérimentale et modélisation de l'oxydation de suies Diesel	Contrat industriel avec Renault S.A., post-doctorat de M. Mohktaride, 12/2002 à 12/2003
Influence de l'apport d'H ₂ et de CO dans les gaz d'échappement pour le fonctionnement des NO _x trap	Contrat industriel PSA, post-doctorat de M. Martin-Cogneville, 11/2002 à 11/2003
Étude de la combustion de suies Diesel au contact d'un catalyseur de type Piège à NO _x . Etude de l'effet de l'OSC	Contrats industriels avec PSA et PSA/Johnson Matthey, post-doctorats de F. Jacquot et J.-L. Freyzt, 11/2002 à 06/2005
Caractérisation fonctionnelle d'un piège à NO _x pour moteur ID	ADEME PREDIT IFP/PSA, post-doctorat de S. Dorge, 12/2003 à 12/2006
Étude du contact catalyseur-suies	Renault SA, DEA de May Issa, 01/2005 à 06/2006
Mise au point d'un procédé de traitement catalytique des émissions issues du chauffage domestique au bois	Post-doctorat de F. Ozil, Contrat de recherche ADEME/FONDIS SA/LGRE n°05.01C.0058, 23/12/05 au 23/12/07)
Évaluation de solution de réduction des émissions polluantes (gazeuses et particulaires) d'appareils de chauffage résidentiels alimentés en biomasse	Contrat de recherche ADEME/CSTB/LGRE/FONDIS SA/D2I-INVICTA/LORFLAM/PYROLITHE/TEN n°0801C0018, 30/12/2008 au 28/2/2011
«Coated Sintered Metal Trap»	Contrat Européen Brite Euram, N° G3RD-CT-2002-00811 piloté par Daimler (thèse de M. Jeguirim et post-doctorat de F. Amari), 7/2002 à 7/2005
«Advanced Heavy Duty Engine After treatment Technology»	Contrat Européen Brite Euram, N°G3RD CT-2002-00792 piloté par AVL (post-doctorats de K. Vaezzadeh, D. Habermacher, M. Labaki), 7/2002 à 7/2005

Rapprochement de structures dédiées à l'innovation

- **Pôle du Véhicule du futur** : étude des systèmes de post-traitement des gaz d'échappements des sources mobiles.
- **Pôle Energivie** : étude de la combustion de bioressources et caractérisation des polluants générés (gaz et particules).

Equipe «Nanostructures Carbonées et Catalyse»

Equipe «Matériaux Avancés pour la Réactivité des Interfaces»

Equipe «Electrochimie et Conversion d'Énergie»

Equipe «Énergie et Carburants pour un Environnement Durable»

Equipe «Photo-catalyse et Photo-conversion pour l'Énergie, l'Environnement et la Santé»

Directeur du laboratoire de 2009 à 2012 : François Garin (DR CNRS)

Directeur du laboratoire depuis 2012 : Cuong Pham Huu (DR CNRS)

Autres chercheurs impliqués : Dominique Begin (CR CNRS), Claire Courson (MdC Uds), David Edouard (MdC Uds), François Garin (DREME CNRS), Nicolas Keller (CR CNRS), Valérie Keller-Spitzer (CR CNRS), Alain Kienemann (PREME Uds), Corine Petit (PU Uds), Véronique Pitchon (DR CNRS), Anne-Cécile Roger (MdC Uds), Eléna Savinova (PU Uds), Spiros Zafeiratos (CR CNRS)

Les résultats scientifiques

Renforcements thématiques basés sur les gros équipements financés par le réseau REALISE

Les réactions ayant lieu en catalyse hétérogène sont réalisées essentiellement à l'interface entre les particules constituant la phase active (métaux, oxydes, sulfures, carbures, etc.) et les réactifs provenant, soit de la phase gazeuse soit de la phase liquide, pour donner les produits de réaction qui seront transformés ensuite en produits finalisés.

La possibilité de pouvoir caractériser la nature de l'interface permet de comprendre le mécanisme réactionnel qui a été mis en jeu lors de la réaction, mais aussi de réaliser des études d'optimisation permettant de réduire les rejets indésirables et de contribuer ainsi à la réduction de l'impact des rejets industriels dans l'environnement.

L'analyse fine des espèces adsorbées en surface et leur transformation ultérieure en produit final représente également un verrou technologique non moins important dans la compréhension des mécanismes réactionnels, mais aussi la manière efficace pour les modifier. La chambre réactionnelle permet de réaliser des réactions dans les conditions proches des conditions réelles avec une analyse fine des espèces réactives adsorbées sur la surface du catalyseur en vue des études d'optimisation. Les résultats obtenus permettent de pouvoir ainsi corrélérer la réactivité catalytique à la structure/nature des phases présentes en surface du catalyseur et de la nature des espèces intermédiaires réactionnelles.

Les équipements de mesure de surface spécifique et de porosité ont permis indirectement de développer de nouvelles thématiques fortes portant sur la synthèse des nouveaux matériaux hybrides, associant étroitement une struc-

ture hôte macroscopique (mousse alvéolaire, monolithe) à une structure dispersante nanoscopique (nanotubes/nanofibres de carbone et de TiO_2) avec des propriétés physiques étonnantes. Ces thématiques de recherche ont permis au laboratoire de figurer parmi les laboratoires de renommée mondiale dans ces domaines de recherche très concurrentiels et ont engendré une forte augmentation des contrats de collaboration avec les partenaires industriels. Le point commun des thématiques de recherche, qui ont été, soit renforcées, soit développées grâce aux équipements financés par le réseau REALISE, est que toutes ont un caractère multidisciplinaire.

Avancées scientifiques permises par les financements du réseau REALISE

Les appareillages acquis à travers les financements du réseau REALISE ont permis de renforcer et de développer de nouvelles thématiques de recherche en symbiose avec des préoccupations sociétales du moment, telles que l'énergie, l'environnement et la santé.

Parmi les thématiques développées dans les domaines de l'énergie et de l'environnement, on peut citer celles ayant trait au développement de nouvelles classes de catalyseurs sans métaux, en vue de réduire l'utilisation des métaux nobles et celle des métaux de transition dans certains procédés catalytiques, une meilleure compréhension des interactions et de la nature des espèces intermédiaires contribuant ainsi aux études d'optimisation des procédés catalytiques moins gourmands en atomes et en énergie.

Les résultats obtenus ont permis de renforcer les connaissances dans l'élaboration des matériaux catalytiques, qui ont pour avantage un développement fort de nouveaux dispositifs catalytiques plus performants et plus sélectifs

permettant de réduire l'impact des procédés chimiques sur l'environnement. Il est à noter qu'à l'heure actuelle 80 % de la chaîne de production des produits de la vie courante impliquent plusieurs étapes catalytiques et ce chiffre pourrait augmenter dans les années à venir, compte tenu des législations de plus en plus strictes sur la gestion de l'énergie et la réduction des empreintes de carbone. Dans le domaine de la santé, on peut citer le développement des systèmes de détection de Composés Organiques Volatils dans l'air intérieur et des dispositifs photo-catalytiques permettant de traiter les polluants et d'éliminer des germes pathogènes.

Développement de plusieurs thématiques

Les nouvelles thématiques de recherche développées et/ou renforcées au laboratoire concernent les analyses plus pointues de l'extrême surface (1 à 6 nm) des catalyseurs (XPS), mais aussi de la nature des différentes espèces adsorbées lors de la réaction (IR avec chambre réactionnelle couplée à une analyse par GC-MS).

Ces équipements ont été utilisés dans plus d'une vingtaine de projets de recherche du laboratoire et ont permis la publication d'un nombre important d'articles scientifiques dans les journaux avec Comité de Lecture. Les équipements ainsi acquis grâce à l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE ont également permis de renforcer le développement de nouvelles thématiques fortes telles que

la mise au point des nanomatériaux carbonés dopés avec de l'azote ou à base de nano-diamants pour la synthèse des catalyseurs sans métaux qui sont utilisés dans de nombreuses applications : stockage d'énergie (super-condensateurs), piles à combustibles, réactions d'oxydation sélective des traces de polluants comme H₂S, photovoltaïque et polymères conducteurs.

La connaissance fine des supports de catalyseurs et/ou catalyseurs pourrait dorénavant être réalisée de manière rapide et précise, ce qui facilite aussi bien les études de « screening » que celles dédiées à la recherche plus fondamentale conduisant à l'établissement de mécanismes réactionnels.

Le financement par le réseau REALISE a permis également à l'unité d'acquérir des équipements dédiés à l'analyse des structures poreuses, technique fortement utilisée en catalyse hétérogène, et de développer, d'une manière indirecte, les projets de recherche portant sur le développement de nouvelles classes de matériaux hiérarchisés combinant plusieurs propriétés de surface, tels que les composites à base de mousse alvéolaire et de tissu filamentaire graphitique, décorés par une structure de nanotubes de carbone. Ces composites ont trouvé leurs utilisations dans diverses applications, allant de la dépollution des eaux usées à la catalyse, en passant par celles portant sur les composés à forte dissipation thermique.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Post-doctorants invités

- Truong Phuoc Lai (ICPMS). Catalyse sans métaux, en cours depuis 2012
- Thomas Cottineau (Univ. Montréal). Photocatalyse, en cours depuis 2009
- Fechete Ioana (ULP Strasbourg). Catalyse, en cours depuis 2011
- Möller Janina (IS2M Mulhouse). Photocatalyse, 2011-2012
- Barbosa Roland (Fisk University). Piles à combustible, 2011-2012
- Papaefthymiou Vasiliki (Univ. Patras). Spectroscopie XPS, en cours depuis 2010
- Truong Huu Tri (Univ Da Noang, Vietnam). Synthèse de graphène, 2011-2012
- Janowska Izabela (Paris). Synthèse de nanotubes de carbone, 2006-2009

Chercheurs invités

- Nguyen Lam (Danang, Viet Nam). Catalyse, 1 mois en 2013
- Fechete Ioana (Univ. Poitiers), poste rouge CNRS. Catalyse, 1 an de 2008 à 2009
- Savinova Elena (BIC Novossibirsk, Russie). Piles à combustible, 18 mois de 2006 à 2007

- Nhut Jean Mario. Energie - synthèse Fischer Tropsch, 2005-2009
- Pronkin Serguei (Boreskov Institute of Catalysis Novosibirsk). Piles à combustible, 2006-2008
- Demirci Umit (ULP Strasbourg). Catalyse, 2006-2007
- Salem Ibtissam (Paris). Photocatalyse, 2006-2007
- Ivanova Svetlana (ULP Strasbourg). Energie - synthèse Fischer Tropsch, 2005-2007,
- Ismagilov Ilias (Boreskov Institute of Catalysis Novosibirsk). Catalyse, 2005-2006
- Madani Behrang (ULP Strasbourg). Energie - synthèse Fischer Tropsch, 2005
- Vieira Ricardo (ULP Strasbourg). Synthèse de nano-fibres de carbone, 2003-2004
- Svrcek Vladimir. (Univ Prague). Synthèse de nanotubes de carbone, 2004-2005
- Pietruszka Barbara (Univ. Cracovie). Photocatalyse, 2003-2004

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Les collaborations avec des laboratoires externes au réseau concernent essentiellement les projets de recherche ayant trait à l'analyse de surface par XPS portant sur le développement d'une nouvelle classe de catalyseurs sans métaux et sur le renforcement des moyens d'analyse de porosité et de surface spécifique liées au développement des composites nano-macros.

Thématique	Partenaires
Développement de catalyseurs sans métaux pour des réactions de déshydrogénation des alcanes légers, en l'occurrence le propane, et dans le remplacement du platine pour la réaction d'oxydation de l'oxygène dans les piles à combustibles	Projet européen du 7 ^{ème} PCRD. Ce projet de recherche regroupe sept partenaires académiques : Université de Lille-I, CSIC de Saragosse (Espagne), ICCOM de Florence (Italie), Université de Trondheim (Norvège), Université de Warwick (Angleterre), Université de Porto (Portugal), et trois partenaires industriels : sociétés SICAT (France/Allemagne), Advantech (Portugal) et Prototech (Norvège). Démarré en 2012
Développement de catalyseurs sans métaux à base de nanotubes de carbone dopés avec de l'azote pour des réactions de déshydrogénation de l'éthylbenzène en styrène et de la réaction d'oxydation sélective de l'H ₂ S en soufre élémentaire	IPCMS
Utilisation des nanotubes de carbone dopés avec de l'azote pour la conversion de la biomasse	En cours de montage avec l'Université d'Iowa (Etats-Unis)
Développement des composites à base de graphène décoré avec une couche de polymère conducteur et des nanoparticules d'oxyde de fer pour le stockage d'énergie électrochimique	Financé dans le cadre du LabEx NIE (Nanostructures en Interaction avec leur Environnement). Ce projet regroupe trois Instituts sur le Campus de Cronembourg qui sont : l'ICPEES, l'ICS et l'IPCMS
Synthèse des systèmes catalytiques hybrides à base de particules d'or déposées sur une surface de graphène multi-feuillets. L'essentiel des caractérisations de surface des catalyseurs ainsi synthétisés est basé sur l'utilisation des équipements financés par le réseau REALISE	Dans le cadre de l'IdEx Unistra, 2012-2013

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements acquis dans le cadre du réseau

Thématique	Type de contrat et partenaires
Production d'hydrocarbures à partir de CO ₂ par électrolyse	Projet européen ELCAT. Coordinateur G. Centi (Univ. Messine – Italie). Partenaires : Université Messine, Université de Patras (Grèce), Fritz Haber Institut Berlin, 2004 - 2008
Understanding and minimizing anode degradation in hydrogen and natural gas fuelled SOFCs	Projet ROBANODE. Coordinateur C. Galiotis (Fondation de la recherche et Technologie - Grèce). Partenaires : Université de Clausthal (Allemagne), Université d'Athènes (Grèce), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse), Conseil Supérieur Scientifique de Madrid (Espagne) et Saint Gobain (Paris - France), 2010 - 2012
Development of an internal Reforming Alcohol high temperature PEM Fuel Cell Stack	Projet IRAFC. Coordinateur V. Gregoriou (Athènes - Grèce), Université Marie Curie de Lublin (Pologne), Nedstack Fuev Cell Technology BV (Arnhem Hollande), Fondation Grecque de la recherche et technologie (Héraklion, Grèce), Institut Fur Mikrotechnik Mainz GMBH (Mainz Allemagne), 2010 - 2013

Thématique	Type de contrat et partenaires
Synthèse et développement de nouveaux catalyseurs sans métaux à base de nanotubes de carbone dopés à l'azote	Projet FREECATS. Ce projet de recherche regroupe sept partenaires académiques : Université de Lille-I, CSIC de Saragosse (Espagne), ICCOM de Florence (Italie), Université de Trondheim (Norvège), Université de Warwick (Angleterre), Université de Porto (Portugal), et trois partenaires industriels : sociétés SICAT (France/Allemagne), Advantech (Portugal) et Prototech (Norvège), 2012 -2015
Démonstration de la faisabilité technique et économique d'une boucle de stockage/déstockage d'électricité renouvelable sur méthane de synthèse au moyen d'un électrolyseur à haute température réversible	ANR «DEMETER». Porteur CEA Grenoble. Partenaires ARMINES, GEC (Gaz Electricité de Grenoble), SAIPEM SA, INERIS, 2012 - 2014
Valorisation Industrielle et Energétique du CO ₂ par Utilisation Efficace d'Electricité décarbonée Stabilisation du Système Electrique et Stockage d'Electricité	ANR «VITESSE ² ». Porteur Rhodia. Partenaires : Véolia, Areva, Air Liquide, RTE, CEA, ICPEES (Stasbourg), LRGP (Nancy), 2010 - 2013
Programme commun de développement technologique portant sur l'étude du potentiel d'une solution de vaporéformage des gaz d'EGR à l'admission afin de Réduire la Consommation et les émissions de NOx des Moteurs Essence.	ANR «RECONOME». Porteur G. Blanchard (Peugeot Citroen Automobiles). Partenaires : FAURECIA, RHODIA, ICPEES (Strasbourg), LACCO (Poitiers), ENSICAEN (Caen), 2007 - 2010
Synthèse et mécanismes de croissance de nanotubes de carbone	ANR «COPRONANO» . Porteur C. Pham Huu (ICPEES - IPCMS). Partenaire : IPCMS, 2005 - 2008
Supercapacitors based on graphene/PEDOT/metal oxide nanoparticle systems	Projet LaBex. Partenaires : Institut Charles Sadron, IPCMS et ICPEES, 2012-2014
Synthèse des systèmes catalytiques hybrides à base de particules d'or déposées sur une surface de graphène multi-feuillets	Projet IdEx Uds, 2012 - 2014
Développement des composites à base de graphène décoré avec une couche de polymère conducteur et des nanoparticules d'oxyde de fer pour le stockage d'énergie électrochimique	LabEx NIE (Nanostructures en Interaction avec leur Environnement) Ce projet regroupe trois Instituts sur le Campus de Cronenbourg qui sont : l'ICPEES (ex-LMSPC), l'ICS et l'IPCMS

Rapprochement de structures dédiées à l'innovation

Structure dédiée à l'innovation	Thématique
Pôle du Véhicule du Futur	La laboratoire fait partie à part entière de ce pôle depuis sa création
Pôle Alsace Energivie	Labellisation de l'ANR «MECAGRAPH» (2011 - 2013) : synthèse de graphène par voie mécanique
FIST SA (Paris)	ANR Emergence «MECAGRAPH» : synthèse de graphène par voie mécanique. Porteur D. Bégin (ICPEES). Autre Partenaire : IPCMS. 2011 - 2013
SATT Conectus - OSEO	Projet de valorisation GRAPHIC (2011 - 2012) : synthèse de graphène par amincissement mécanique
Pôle Fibre	ANR SAFECOAT : Solar light-activated photocatalysts and functionalized textiles for self-decontaminating individual protection against toxic agents ANR 2011 CSOSG, ANJR Franco-allemande. 2012-2015
OSEO - ANVAR	RETINO2 (2010 - 2012). Photocatalyse : développement d'une rétine artificielle
Biovalley	Labellisation de l'ANR «RETINO2» (2012 - en cours) : photocatalyse

Lauréat à un concours et/ou prix de distinction honorifique dans le domaine de l'innovation

Le projet GRAPHIC (I. Janowska, D. Bégin, M.-J. Ledoux et C. Pham HUU) a été lauréat du concours national d'aide à la création d'entreprise de technologies innovantes - catégorie Emergence (prix MESR - 2010).

Autres effets induits

Le renforcement du parc de spectromètres dédié aux analyses de surface par XPS a permis le recrutement de trois permanents au laboratoire, lors de la dernière décennie, afin de maintenir une équipe de recherche spécialisée dans les analyses de surface. Il est à noter que les techniques d'analyse de surface de pointe se sont raréfiées ces dernières années dans les laboratoires de recherche en catalyse tant au niveau national qu'international. L'équipe dédiée à la caractérisation de surface a pu se développer grâce en partie à des financements du réseau REALISE et a ainsi pu participer dans trois projets de recherche européens de grande envergure dans le 7^{ème} programme cadre (FP7).

L'équipe, malgré sa taille critique, est extrêmement active dans ces thématiques de recherche. Elle a su tisser un réseau de collaboration, tant local (IPCMS, ICS, ICube) qu'euro péen (Fritz-Haber Institute de Berlin), et contribue ainsi au rayonnement de l'Unité vers l'extérieur.

Directeur de l'Unité de 2009 à 2013 : Serge Potier (PU Uds)

Directeur de l'Unité depuis 2013 : Ivan Tarassov (DR CNRS)

Responsable de l'équipe : Stéphane Vuilleumier (PU Uds)

Autres membres de l'équipe : Françoise Bringel (CR CNRS), Thierry Nadalig (Mdc Uds), Valérie Geoffroy (Mdc Uds, membre de l'équipe jusqu'en 2008), Jean-Marie Meyer (Mdc ULP, départ à la retraite en 2007). Les membres de l'équipe Ecologie Microbienne et Moléculaire du GMGM étaient rattachés à l'équipe AIME jusqu'en 2006.

Les résultats scientifiques

Le soutien fort du réseau REALISE a largement contribué à la mise en place à Strasbourg de la nouvelle équipe de recherche en microbiologie de l'environnement «Adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement», autour de la dégradation des polluants organiques halogénés (thématique de recherche de S. Vuilleumier) et de la résistance aux composés inorganiques (thématique développée par le groupe de M.-C. Lett, renforcée dès 2003 par le recrutement de P. Bertin), en incluant aussi, pour les projets s'orientant vers les questions environnementales, la thématique du métabolisme du fer chez *Pseudomonas* (groupe de J.-M. Meyer). Ceci a permis de définir un socle thématique et méthodologique commun en génomique microbienne de l'environnement.

Suite à la formation de l'équipe de P. Bertin (équipe Écophysiologie Moléculaire des Micro-Organismes) et au départ à la retraite de J.-M. Meyer en 2006, les activités de l'équipe se sont focalisées sur le champ thématique de la dégradation des polluants organohalogénés, et plus particulièrement des composés halogénés à un atome de carbone par les microorganismes méthylotrophes, sur la base des travaux antérieurs de S. Vuilleumier à l'ETH de Zurich.

Ces composés sont détectés comme polluants majeurs dans 14 % des sites du sol et des nappes d'eau souterraines répertoriés en France par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, et les projets de l'équipe visent à mieux évaluer le potentiel des approches de génomique environnementale, aujourd'hui en plein développement, pour accompagner la réhabilitation de sites pollués, et pour la caractérisation de l'état fonctionnel d'écosystèmes et de leur potentiel de résistance, de résilience et d'adaptation aux polluants.

Ces projets se déploient sur deux axes majeurs : d'une part, l'analyse de la diversité microbienne par génotypage et séquençage, sur des sites pertinents pour la bioremédiation de polluants organohalogénés ; d'autre part, l'analyse exhaustive de séquences génomiques de bactéries méthylotrophes et méthanotrophes et leur exploitation expérimentale par l'étude du métabolisme de déchloration et de détoxification. Grâce au soutien en financement d'équipement (CPER) et de fonctionnement (PPF, Actions Structurantes de l'Uds) obtenu grâce au réseau REALISE, différentes thématiques étroitement complémentaires, brièvement présentées ci-après, ont pu être développées, et de nombreux projets collaboratifs ont pu être établis.

Génomique bactérienne des composés à un atome de carbone

En permettant de déterminer l'ensemble complet des gènes d'un micro-organisme d'intérêt, le séquençage révèle son potentiel métabolique et ses adaptations physiologiques possibles, évitant aux chercheurs de se lancer dans des travaux expérimentaux « à l'aveugle ». L'analyse génomique a ainsi permis la mise en place d'investigations expérimentales pertinentes pour mieux comprendre la physiologie et le rôle des microorganismes étudiés par l'équipe.

Les déterminants génomiques de l'utilisation des méthanes chlorés dichlorométhane et chlorométhane ont été identifiés pour une demi-douzaine de bactéries, et des aspects, jusqu'ici inédits de la consommation du méthane par les bactéries méthanotrophes dans l'environnement, ont été mis en évidence. L'existence, en France, d'un centre de séquençage de niveau mondial, le Génoscope, allié aux moyens alloués à l'équipe par le réseau REALISE, a fortement contribué à ces résultats, et ont permis à l'équipe

d'avoir une reconnaissance au niveau international sur la thématique de la microbiologie moléculaire et de la génomique microbienne du métabolisme des composés à un atome de carbone. En témoignent les publications sur cette thématique, souvent en collaboration avec un réseau mondial de laboratoires dans le domaine, et la prise en charge par S. Vuilleumier de l'organisation de la conférence bisannuelle sur cette thématique pour 2014 et 2016 (Gordon Conference on the Molecular Basis of Microbial C1 Metabolism).

A la faveur de ces développements, l'équipe participe aussi au projet collaboratif associant deux autres laboratoires (ICPEES, et GRE) sur les aspects de valorisation microbienne du méthane et du CO₂. Dans ce contexte, l'équipe participe déjà avec plusieurs équipes du réseau REALISE au projet trinational Interreg «Offensive Sciences OUI-Biomasse» (2012-2015).

Dégradation bactérienne du dichlorométhane

Le dichlorométhane est un solvant chloré toxique dont l'origine est principalement anthropique. Son utilisation industrielle en grandes quantités, en particulier comme solvant de synthèse, a conduit à la sélection et à la dissémination dans l'environnement de gènes permettant à des microorganismes spécialisés de dégrader ce composé et de l'utiliser pour leur croissance.

Le métabolisme de dégradation du dichlorométhane chez la souche *Methylobacterium extorquens* DM4, dont le génome a été séquencé, a été caractérisé en détail par l'équipe. Une stratégie de mutagenèse aléatoire, mettant en jeu un système rapporteur de fluorescence, a été mise en place, afin d'identifier les gènes spécifiquement induits au cours de la croissance en présence de dichlorométhane. L'analyse du site d'insertion dans les mutants d'intérêt a été effectuée par différentes approches complémentaires, et une étude de protéomique comparative en conditions méthylophiles déchlorante ou non-déchlorante a été réalisée. Ceci a permis de mettre en évidence que le métabolisme du dichlorométhane chez cette souche s'accompagne d'une adaptation globale de la souche pour une résistance accrue à l'acide produit à l'intérieur de la cellule, qui s'ajoute à la résistance à la génotoxicité déjà caractérisée au cours de travaux antérieurs.

Avec le soutien du réseau REALISE, la caractérisation de ce métabolisme a été poursuivie avec l'objectif de recherche de biomarqueurs pour l'amélioration des méthodes d'abattement du dichlorométhane d'effluents gazeux industriels. Des techniques de dépollution de ces effluents existent depuis plusieurs décennies, basées principalement sur des méthodes physico-chimiques : incinération, adsorption et épuration par lavage. Celles-ci sont cependant onéreuses et ont un impact environnemental parfois plus important que les polluants d'origine. Ces différents problèmes ont

conduit au développement de traitements par voie microbiologique, procédés représentant une technologie plus attractive au niveau coût, simplicité de mise en oeuvre et respect de l'environnement.

C'est dans cette optique que l'entreprise Algotec International a développé un système de traitement biologique (biofiltre) de certains composés organiques volatiles (COV). Ce système ne traitant pas le dichlorométhane, l'entreprise a contacté l'équipe afin de mettre en place un pilote de biofiltration à l'échelle 1:1 (3 000 m³/h) pour traiter les effluents gazeux industriels contaminés par ce composé, implanté sur la station d'épuration industrielle d'une usine de production de médicaments. Une réinoculation mensuelle du biofiltre a été effectuée par ajout de biomasse des souches dichlorométhane dégradantes *Methylobacterium extorquens* DM4 ou *Hyphomicrobium sp.* GJ21. La méthode d'isolement de l'ADN à partir d'échantillons du biofiltre et l'amplification du gène *dcmA* codant pour la dichlorométhane déshalogénase des deux souches inoculées par réaction de polymérisation en chaîne (PCR) ont été optimisées pour un suivi quantitatif et différentiel des deux souches. Le suivi de la flore bactérienne colonisant le biofiltre a été réalisé par analyse PCR de la diversité structurale (gène ribosomal 16S) et fonctionnelle spécifique (gène *dcmA*). De nouveaux couples d'amorces oligonucléotidiques spécifiques des différents variants connus du gène *dcmA* ont été développés. L'analyse de la présence de ce gène montre que la sous-population dichlorométhane-dégradante représente une fraction mineure de la flore bactérienne du biofiltre. Le taux d'abattement du dichlorométhane observé a été de 10-100 %, pour une charge de contamination en entrée très variable (2-240 g/h/m³), avec une efficacité maximale de traitement atteignant 79 g/h/m³, typique des valeurs rapportées dans la littérature.

Dégradation microbienne du tétrachlorométhane

Le tétrachlorure de carbone (CCl₄) est un solvant toxique d'origine essentiellement anthropique, largement utilisé par le passé en tant qu'agent dégraissant, comme retardateur de feu, dans les systèmes de réfrigération, ou encore comme pesticide. Le CCl₄ est récalcitrant à une dégradation abiotique, mais peut être déchloré en absence d'oxygène par certains microorganismes.

Avec le soutien du PPF du réseau REALISE, l'impact du CCl₄ sur la flore microbienne cultivable et non-cultivable de l'aquifère de Benfeld, contaminé par le déversement de 6 tonnes de ce solvant suite à un accident de camion-citerne en 1970, a été étudié. Avant la mise en place de la réhabilitation du site par pompage en 2006, les concentrations maximales de CCl₄ mesurées à la zone source de la pollution excédaient plus de 1000 fois la limite établie pour les eaux potables par l'OMS, et l'infiltration du CCl₄ dans la nappe phréatique avait causé la formation d'un panache de pollution de plus de 10 km.

Une première étape a consisté à inventorier la diversité structurale des communautés microbiennes au fur et à mesure du traitement de dépollution, avec l'autorisation d'Antea, le bureau d'étude en charge de la dépollution. Trois campagnes de prélèvements d'échantillons d'eau de nappe phréatique ont servi à dresser les profils de la structure des populations par l'approche moléculaire « Terminal restriction fragment length polymorphism » (T-RFLP) en ciblant les gènes de l'ARNr 16S comme marqueur génétique universel des procaryotes. Ces profils ont montré la grande stabilité de la composition microbienne, avec une proportion de plus de 80 % de la communauté commune aux trois campagnes. La dégradation active du CCl_4 par des microorganismes isolés ou des consortia microbiens plus complexes, présents dans cet écosystème, a ensuite été criblée en réalisant quelque 130 cultures d'enrichissement dans des conditions sélectives, en variant plusieurs paramètres comme la teneur en oxygène, la concentration de CCl_4 , la source de carbone et d'énergie ou encore les accepteurs d'électrons. Six cultures en conditions fermentatives / méthanogènes présentent une réduction significative du CCl_4 avec des cinétiques de dégradation très variables. Une analyse physiologique plus détaillée a été entreprise pour un consortium stable et efficace dans la dégradation du CCl_4 , composé majoritairement de bactéries de la famille des *Clostridiaceae*.

La souche la plus performante de ce consortium a été isolée et caractérisée. Il s'agit d'une souche anaérobie stricte mais aérotolérante, capable de se développer dans des conditions proches d'une eau de nappe phréatique, et qui synthétise une macromolécule thermostable responsable de la dégradation du CCl_4 , excrétée en partie dans le milieu environnant. Le pouvoir catalytique de cette souche suggère qu'après le traitement de dépollution de l'aquifère, une atténuation naturelle de la pollution résiduelle par la flore endogène de la nappe est possible.

Dégradation bactérienne des micropolluants

La prise en compte récente des micropolluants dans les politiques environnementales et de santé publique - qu'ils soient identifiés de longue date (pesticides, métaux lourds) ou émergents (produits pharmaceutiques) - suggère l'intérêt de combiner les approches issues de la chimie analytique et de la microbiologie pour évaluer en détail le devenir et la transformation de ces molécules dans les écosystèmes terrestres ou aquatiques. C'est pourquoi le domaine d'intérêt de l'équipe a été étendu à plusieurs micropolluants importants dans le cadre de différents projets collaboratifs du réseau REALISE avec le groupe de G. Imfeld (LHyGeS).

La thèse d'O. Azzam, initiée en 2011, sous la codirection de G. Imfeld (LHyGeS) et de S. Vuilleumier (GMGM) a ainsi permis de développer un projet éminemment interdisciplinaire, à l'interface de la chimie analytique isotopique et de la microbiologie, et dédié à l'étude du

devenir du pesticide S-métolachlore dans les sols et eaux de surface agricoles. Au niveau analytique, la signature isotopique de la dégradation microbiologique du pesticide a été déterminée par spectrométrie de masse. Par biologie moléculaire, on a développé l'utilisation d'un bio-indicateur bactérien (le gène universel de l'ARN 16S, « empreinte digitale » d'une espèce bactérienne). Ces travaux permettent d'explorer les corrélations pouvant exister entre le degré de contamination au métolachlore, le potentiel de dégradation biologique, et l'empreinte moléculaire de la flore bactérienne de site pollués.

Cette stratégie expérimentale a récemment été appliquée aux micropolluants d'origine pharmaceutique, à la faveur du financement d'un projet de démonstration « Action Structurante REALISE » en collaboration avec l'IPHC et le LHyGeS (projet Micropol, 2011-2012). Une bactérie capable de dégrader un micropolluant pharmaceutique majeur a été isolée et caractérisée, et une procédure analytique pour la détection et la quantification de la molécule cible et de ses produits de dégradation dans les surnageants de cultures bactériennes a été mise au point. Les premiers résultats obtenus ont été l'identification et la quantification des micropolluants et de leurs produits de dégradation dans ces matrices environnementales complexes. Ceci a permis de valider l'application de la spectrométrie de masse hybride haute résolution à l'étude ciblée et intégrée des voies métaboliques et des processus impliqués dans la biodégradation et la dissipation de micropolluants. Les équipes recherchent des partenaires pour développer leur projet, notamment par le biais d'HYDREOS, le pôle de compétitivité régional dédié à la qualité de l'eau.

Interactions plantes-bactéries dans la phyllosphère

Le chlorométhane, le plus abondant des composés organohalogénés dans l'atmosphère, est impliqué dans la destruction de l'ozone dans la stratosphère. L'inventaire des sources et des puits du chlorométhane pour l'estimation du budget atmosphérique global du chlorométhane est encore incertain, et sous-estime potentiellement l'importance des émissions de ce composé provenant des végétaux et plus particulièrement de la phyllosphère, soit les parties aériennes des plantes, ainsi que la dégradation du chlorométhane par les micro-organismes.

Dans ses travaux antérieurs sur les bactéries chlorométhane-dégradantes, l'équipe avait déjà identifié les gènes *cmu* (pour chlorométhane utilisation) de dégradation aérobie du chlorométhane, et caractérisé *in vitro* l'activité de déchloration correspondante par les protéines CmuA et CmuB, pour la souche *M. extorquens* CM4. Plus récemment, une approche combinant génomique comparative et fonctionnelle a été développée pour une étude approfondie de la souche CM4. L'analyse de son génome CM4 et la comparaison avec d'autres souches *M. extorquens* a révélé l'existence chez CM4 d'un plasmide spécifique de 380 kb, porteur des gènes connus pour leur implication dans l'utilisation du chlorométhane. En outre, l'analyse

différentielle du protéome de la souche CM4 cultivée sur le chlorométhane ou sur le méthanol a permis de confirmer la voie d'utilisation précédemment proposée, et d'identifier de nouvelles protéines vraisemblablement associées au métabolisme du chlorométhane par cette souche.

En parallèle, l'équipe a isolé des souches bactériennes chlorométhane-dégradantes à partir de la phyllosphère de la plante modèle *Arabidopsis thaliana*, connue pour produire du chlorométhane. C'est pourquoi, en collaboration avec des chercheurs de l'IBMP et grâce à plusieurs équipements acquis dans le cadre du réseau REALISE (chambre climatique, microscope à épifluorescence, chromatographie en phase gazeuse, participation à la mise en place de la plateforme de métabolomique de l'IBMP), un projet a été initié en 2005 avec l'objectif principal de déterminer si les bactéries de la phyllosphère peuvent jouer le rôle de filtre pour l'émission de chlorométhane par les plantes.

Dans ce but, un modèle de laboratoire a été mis en place, constitué de la plante modèle *Arabidopsis thaliana* connue pour produire le chlorométhane par une réaction impliquant le gène *HOL1*, et de la bactérie *Methylobacterium extorquens* CM4, étudiée en détail par l'équipe.

Des variants d'*Arabidopsis thaliana* avec différents niveaux d'expression du gène *HOL1*, responsable de la production de chlorométhane, ont d'abord été choisis, afin de disposer de « versions » de la même plante émettant le chlorométhane dans des quantités différentes. L'analyse par qPCR et qRT-PCR de l'ADN extrait de la surface des feuilles de ces différents variants d'*Arabidopsis* a montré une corrélation entre l'expression du gène *HOL1* par la plante et la proportion relative de bactéries dans l'environnement foliaire exprimant le gène *cmuA*.

Ces résultats ont clairement montré qu'une production de chlorométhane, même très modeste par rapport aux fortes émissions de carbone et notamment de méthanol par *A. thaliana*, confère un avantage sélectif pour les bactéries méthylophiles chlorométhane-dégradantes de la phyllosphère, qui pourraient ainsi jouer un rôle de filtre pour les émissions de chlorométhane de la phyllosphère vers l'atmosphère.

En outre, un outil de détection et de quantification très sensible du chlorométhane à l'aide d'un système bio-rapporteur pour le chlorométhane a été mis au point à l'aide de la souche *M. extorquens* CM4 exprimant une protéine fluorescente sous le contrôle de la région régulatrice du gène *cmuA* pour la chlorométhane déshalogénase. En présence de chlorométhane, une émission de fluorescence proportionnelle à la concentration de chlorométhane sur une large gamme de concentrations (10 pM-1 mM) est obtenue. On a ensuite appliqué ce biorapporteur directement sur la surface des feuilles des variants d'*A. thaliana* et observé les cellules fluorescentes induites par le chlorométhane. Le nombre de bactéries fluorescentes est étroitement corrélé avec le niveau d'expression du gène *HOL1*, ce qui indique bien, comme attendu, que ces variants présentent des niveaux d'émissions de chlorométhane différents.

Tout récemment enfin, on a validé ce système biorapporteur en l'appliquant à différentes plantes décrites comme productrices ou non productrices de chlorométhane. Cet outil va désormais faciliter de nouvelles approches de criblage pour l'identification rapide des plantes émettrices de ce composé, et par là contribuer à une meilleure estimation de la contribution des végétaux au budget du chlorométhane atmosphérique. L'élaboration de modèles plus performants sur le devenir de l'ozone atmosphérique, que le chlorométhane contribue fortement à détruire, devraient en être facilitée.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Partenaires
Interactions plantes-bactéries de la phyllosphère (parties aériennes de la végétation).	IBMP, Max-Planck-Institut Mainz et Université de Bayreuth - Thèse de M. Farhan Ul Haque soutenue en 2013 et plusieurs publications parues et en cours. - Projet de thèse en cotutelle avec l'Université de Bayreuth de P. Chaignaud initié en 2012, cofinancé par la Région Alsace.
Travaux de génomique microbienne	Réseau d'analyse génomique des bactéries méthylophiles et méthanotrophes, regroupant 20 laboratoires partenaires d'Amérique du Nord, d'Europe, de Russie et du Japon.

Post-doctorant invité grâce aux équipements obtenus et / ou aux collaborations développées dans le réseau

Jeannette Achilles (Univ. de Leipzig), analyse de la déchloration bactérienne par cytométrie en flux, un an, 2008

Contrat obtenus grâce au partenariat du réseau REALISE avec le réseau des éco-entreprises

ADEME, „DJAEN (responsable : CRITT Rittmo). Développement d'un bioindicateur moléculaire normé d'une activité bactérienne spécifique: Analyse des gènes *rrnA* et *amoA* par PCR quantitative”, 2010-2012.

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Type de contrat et partenaires
Horizontal gene transfer and genome rearrangements in the evolution of specialized metabolism in <i>Methylobacterium</i> species, Séquençage et assemblage de 6 souches du genre <i>Methylobacterium</i>	Joint Genomic Institute (avec C. Marx, Harvard), 2006-2007
Diversité, transmission et évolution des déshalogénases microbiennes dans l'environnement	Bureau des Ressources Génétiques (avec T. Vogel, UMR 5557, Lyon), 2006-2007
Sephyre : mise au point d'un point de dépollution biologique impliquant des plantes et/ou des microorganismes pour le traitement des sédiments et des eaux présents dans des bassins d'orage viticoles	CG 68 / Région Alsace / IRD, coord. T. Lebeau (Plateforme Agrosystèmes, Colmar), 2007-2008
Dehalomicrofluidics : Mise au point de protocoles microfluidiques pour la détection, l'isolement et la caractérisation du métabolisme microbien de dégradation de polluants halogénés à partir d'échantillons environnementaux, sans étape de culture ni information de séquence	IPCB-CNRS (avec A. Griffiths, ISIS), 2007-2008
Génomique comparative chez <i>Methylobacterium</i> : exploration de l'adaptation aux polluants chlorés dans le contexte du métabolisme en C1	CNRS - USA, 2008-2010
Sequencing of <i>Methylobacterium alcaliphilum</i> 20Z	IbiSA – Génoscope, 2008
Sequencing of dichloromethane-degrading <i>Hyphomicrobium</i> sp. GJ21 and chloromethane-degrading <i>Hyphomicrobium</i> sp. MC1: Towards defining dehalogenation-specific gene sets ?	IbiSA – Génoscope, 2009
Dégradation bactérienne des polluants chlorés	DEHALOGENICS, INSU-EC2CO (resp. F. Bringel), 2009-2010
RNA-Seq of dehalogenating <i>Methylobacterium</i> strains	IBiSA (resp. F. Bringel), 2010
PHYLLCHLORE : Le modèle <i>Methylobacterium extorquens</i> CM4 - <i>Arabidopsis thaliana</i> : étude du puits bactérien pour les émissions végétales de chlorométhane vers l'atmosphère	INSU-EC2CO (avec H. Schaller, IBMP), 2010-2011
BIO-DCM étude d'un biofiltre-pilote pour éliminer le dichlorométhane présent dans les effluents gazeux d'une station d'épuration industrielle	ADEME – Région Alsace (avec la TPE Algotec), 2010-2012

Rapprochement de structures dédiées à l'innovation

CRITT Rittmo :

- Développement d'outils de bioindication PCR pour l'évaluation des matières fertilisantes,
- Recherche des sources et puits de contaminants organiques par analyse isotopique. FP7-PEOPLE-ITN (7ème PCRD), avec l'équipe LHyGeS/TREHA

Autre effet induit

S. Vuilleumier et T. Nadalig ont été associés au Comité Scientifique de la Région Alsace pour le suivi de la dépollution du site de Benfeld, en 2004.

Directeur du Laboratoire : Jean-Luc Galzi (DR CNRS)

Responsable de l'équipe : Isabelle Schalk (DR CNRS)

Autres membres de l'équipe : Valérie Geoffroy (M&C UDS) et Gaëtan Mislin (CR CNRS)

Les résultats scientifiques

L'équipe « Transports membranaires bactériens » s'intéresse à l'étude du transport membranaire du fer et des autres métaux chez les bactéries du genre *Pseudomonas*. Ces bactéries ont un besoin essentiel en fer et produisent dans l'environnement de puissants complexants de fer, appelés sidérophores. Ces molécules ont pour but de solubiliser le fer présent dans l'environnement de la bactérie. Notre axe de recherche, dans le cadre du réseau REALISE, s'intéresse (1) à la chimie des sidérophores vis-à-vis des métaux (2) aux mécanismes d'interactions entre ces molécules et différents matériaux contenant des métaux potentiellement toxiques pour l'environnement, (3) aux interactions entre les bactéries productrices de ces sidérophores et des matériaux, (4) aux possibilités d'utiliser ces sidérophores comme outils de bioremédiation de sols pollués par les métaux et (5) à la mobilité des métaux dans les sols en présence de facteurs biologiques tels que les sidérophores.

Ces thématiques ont tout d'abord été initiées dans le cadre du réseau REALISE et ont toutes été développées en collaboration avec différentes équipes du réseau. Ces recherches correspondent à l'approche environnementale développée au sein de notre équipe. Les résultats intéressants et prometteurs ont été acquis grâce à la complémentarité des compétences apportées par les équipes dans des sujets transversaux où il est nécessaire d'avoir des visions à la fois du microbiologiste, du chimiste, mais aussi du géochimiste.

La pyoverdine, sidérophore et pigment fluorescent produit par la souche modèle de *Pseudomonas aeruginosa* (Figure 1) est très bien caractérisée à ce jour du point de vue structural, physico-chimique, et de sa voie de biosynthèse. Néanmoins, les pyoverdines constituent une famille de molécules (> 100) dont on n'a que très peu de connaissances.

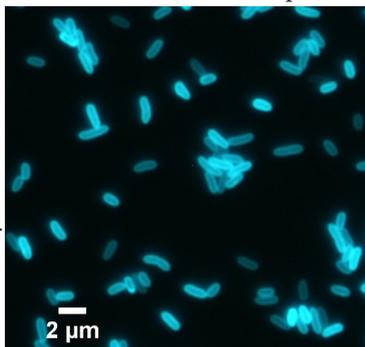


Figure 1 : Observation en microscopie à fluorescence d'un *Pseudomonas* fluorescent, bactérie produisant le sidérophore pyoverdine.

Le système de chromatographie, acquis dans le cadre du CPER REALISE, a permis la purification HPLC des pyoverdines autres que celle produite par *Pseudomonas aeruginosa*, particulièrement étudiée au laboratoire. La caractérisation physico-chimique a été effectuée vis-à-vis d'autres métaux (nickel, cadmium et cuivre) et va ainsi permettre de comparer, pour la première fois, les constantes d'affinité vis-à-vis des métaux étudiés entre les pyoverdines, et déterminer s'il existerait une spécificité au sein des pyoverdines vis-à-vis de certains métaux. Ces données fondamentales permettraient de sélectionner la pyoverdine la plus efficace en fonction du ou des métaux contaminants les sols dans les études de bioremédiation.

Dans le cadre d'un programme d'ingénierie écologique, nous avons démarré une étude visant à utiliser les sidérophores ou leurs bactéries productrices dans des procédés de phytoextraction de métaux présents dans des sols contaminés. Les expériences de bioremédiation ont pu être réalisées au laboratoire grâce à l'acquisition du phytotron.

Avancées scientifiques permises par les financements du réseau REALISE

Interactions bactéries/matériaux

Ce projet pluridisciplinaire, à l'interface microbiologie/géochimie/matériaux, a été initié en 2002, dans le cadre d'une collaboration avec une équipe du Centre de Géochimie de la Surface (J.-L. Crovisier, CGS-UMR 7517) de l'Université Louis-Pasteur. Le but était de déterminer le rôle de micro-organismes sur la dégradation de silicates d'intérêt environnemental, tel que les mâchefers par exemple. Il s'agissait de mettre à profit le système pyoverdine pour déterminer si les bactéries étaient capables d'utiliser le fer emprisonné dans des matériaux d'origine anthropique et de déterminer ainsi le degré d'altérabilité de ceux-ci. Ce pigment est facilement détectable dans le milieu et a servi, d'une part de traceur de l'état physiologique des bactéries vis-à-vis du fer, et d'autre part d'indicateur biologique concernant l'altération des matériaux en solution.

Notre société produit de plus en plus de déchets que nous sommes contraints de stocker pour de longues périodes. Certains sont des mâchefers résultant de l'incinération

d'ordures ménagères utilisées en soubassements routiers, d'autres sont des vitrifiats de mâchefer industriel, ou encore des verres (silicates) utilisés dans le confinement de déchets chimiques ou nucléaires. De tels matériaux contiennent des métaux potentiellement toxiques (plomb, cadmium, chrome, nickel, zinc,...) dont le relargage pourrait avoir des conséquences néfastes pour l'environnement. L'altération des roches, comme celle de ces matériaux, est sous la dépendance de facteurs physico-chimiques (pH, température, degré d'hydratation,...) mais aussi sous l'influence d'une présence éventuelle de composés organiques (acides humiques) et de micro-organismes qui interviendraient dans la dégradation comme dans la minéralisation secondaire des matériaux. Le rôle exact des microorganismes dans ces phénomènes de dégradation reste souvent ignoré ou mal déterminé.

Nos expériences (thèse de G. Aouad, 2003-2006) ont montré que l'addition de ces matériaux à un milieu de culture stimule la croissance de *Pseudomonas aeruginosa* de manière dose dépendante, et que celle-ci est capable d'utiliser non seulement le fer, mais aussi le magnésium inclu dans ces matériaux, ainsi que probablement d'autres éléments. La quantité de pyoverdine produite diminue lorsque l'on ajoute des quantités croissantes de matériau. Notre travail confirme de façon tout à fait claire que ces bactéries peuvent utiliser ces silicates complexes comme sources d'oligoéléments.

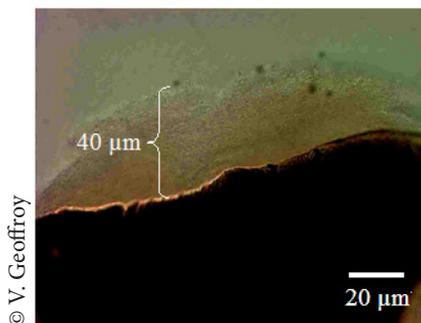
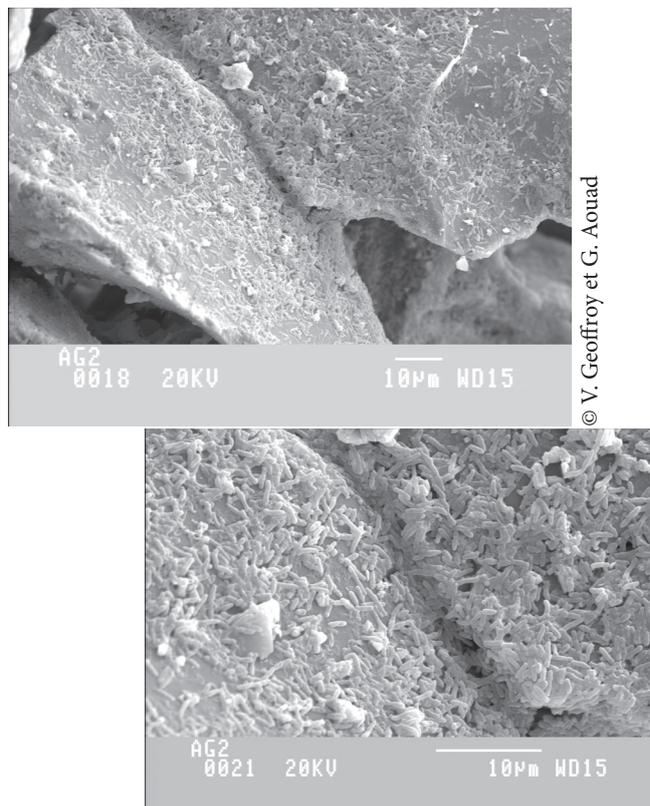


Figure 2 : Photo de microscopie confocale par lumière transmise d'un biofilm de 40µm couvrant la surface du grain de mâchefer.

Dans le cadre de ce travail, un milieu de culture adéquat a été développé, permettant de doser de faibles différences de concentration en éléments traces et ainsi de mesurer des vitesses d'altération. Il a été observé que la vitesse d'altération des mâchefers est toujours plus élevée en milieu stérile qu'en milieu biotique, même si des différences sont toutefois constatées selon le matériau considéré. Cette étude montre clairement que la présence de bactéries n'accélère pas la dégradation des matériaux. Au contraire, la vitesse d'altération diminue rapidement en présence des bactéries, malgré le renouvellement du milieu d'incubation. Une explication possible est que le biofilm qui se forme à la surface des matériaux agirait comme une barrière protectrice qui empêcherait la corrosion chimique (Aouad et coll., 2004) (Figure 2).



© V. Geoffroy et G. Aouad

Figure 3 : Cliché de microscopie électronique à balayage de grains de verre altérés en milieu biotique, (en bas : zoom, 9X)

Des examens de microscopie électronique à balayage ont mis en évidence que *P. aeruginosa* est effectivement capable de former un biofilm d'une épaisseur de 20 à 40 micromètres à la surface des grains (Figure 3), conduisant à une cimentation des matériaux, tandis que des couches d'altération minérales d'environ 0,1 micromètre à la surface des matériaux ne sont observables qu'en milieu abiotique. De plus, nous avons démontré que des éléments potentiellement toxiques (cuivre, zinc, plomb, chrome) sont piégés dans les bactéries et le biofilm, vraisemblablement par biominéralisation, conduisant à l'immobilisation de ces éléments toxiques à la surface des grains (Aouad et coll., 2003).

Les résultats obtenus avec *Pseudomonas* ont été comparés dans le cadre d'une étude similaire menée avec une bactérie acidophile, *Acidithiobacillus thiooxidans* (thèse M. Bachelet 2006-2009). Le métabolisme de cette bactérie produit de l'acide sulfurique impliquant ce microbe dans l'altération de bétons ou de pierres. L'action de cette bactérie entraîne une diminution du pH des solutions d'altération. Malgré cela, la formation d'un biofilm conduit à un ralentissement de la vitesse qui peut devenir inférieure à celle observée en milieu stérile, bien que la solution soit restée acide. Par ailleurs, les seuls éléments retenus préférentiellement par le biofilm formé par *A. thiooxidans* à la surface des matériaux étudiés sont le cuivre et le nickel, alors que dans l'étude menée sur *P. aeruginosa*, le biofilm produit était capable de piéger de nombreux éléments potentiellement toxiques tels que le plomb, le cadmium, le nickel, le cobalt et le zinc. De plus, le biofilm mis en évidence pour la première

fois chez cette bactérie est enrichi en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes. Les travaux de Stille et coll. (2003-2006) ont montré que la végétation avait tendance à retenir de façon plus importante les terres rares légères plutôt que les terres rares lourdes, phénomène également mis en évidence dans ce travail.

Des expériences d'altération conduites sur deux micro-organismes totalement différents du point de vue des voies métaboliques et des conditions de croissance mènent à des conclusions similaires sur le rôle joué par les bactéries sur les matériaux tels que des silicates complexes. Ce travail a été poursuivi sur des matériaux ayant une structure en feuillets tels que les argiles et des oxydes de fer, minéraux très présents au niveau des sols.

Figure 4 : Observation en microscopie à fluorescence d'un biofilm bactérien formé par *Pseudomonas aeruginosa* marqué par la pyoverdine engluant les argiles, les micro-organismes et les métaux.



Dans le cadre de la thèse de Claire Ferret (2009-2012), les travaux ont conduit à la compréhension, notamment par une approche de biologie moléculaire, des interactions intervenant entre des minéraux du sol, des argiles et des oxy-hydroxydes de fer, et une bactérie productrice de sidérophores, *P. aeruginosa*. Les résultats ont mis en évidence le rôle majeur de l'un de ces sidérophores, la pyoverdine, ainsi que du biofilm, dans la dissolution des minéraux (smectite, ferrihydrite, goethite) par cette bactérie (Figure 4).

Comme décrit dans la littérature, il ressort que l'oxyde de fer le plus amorphe (ferrihydrite) est celui qui est altéré le plus facilement aussi bien par la pyoverdine que par les *Pseudomonas*. Les études en fluorimétrie et les dosages de métaux ont montré que la pyoverdine était capable de complexer les métaux adsorbés ou présents au sein de la structure des argiles ou dans la structure cristalline des oxy-hydroxydes de fer. Nous pouvons conclure que l'action des bactéries est multiple : biosorption des métaux sur les corps bactériens, formation de complexes organo-métalliques, formation d'exopolysaccharides (biofilm). Cependant, les mécanismes mis en œuvre par les bactéries pour modifier l'état chimique et physique des matériaux et des solutions d'altération restent encore à élucider.

Une étude menée en collaboration avec S. Lawniczak (LHyGeS) et S. Vuilleumier (GMGM) a mis en évidence et identifié des bactéries isolées de sols tropicaux camerounais ou brésiliens ayant une très grande capacité pour

réduire des oxydes de fer ou de manganèse. L'identification a conduit à un genre bactérien nouvellement décrit « *Paenibacillus* ». Le mécanisme impliqué est tout à fait différent de celui que l'on vient de voir avec l'utilisation des sidérophores. En effet, les micro-organismes sont capables de faire de la réduction dissimilatrice aussi bien sur des oxydes mal cristallisés tels que la ferrihydrite ou des oxydes très bien cristallisés comme les goethites. Les taux de dissolution sont extrêmement élevés atteignant 90 ou 100 % selon les souches. Ces travaux conduisent à une meilleure compréhension du rôle de l'activité bactérienne dans l'altération des oxydes de fer et de manganèse dans les sols tropicaux (article en cours de soumission à Fems Microbiol Ecol., Lawniczak et al.)

Les sidérophores bactériens, des outils pour la dépollution *in situ* de sols contaminés par des métaux

La présence de métaux lourds dans les sols engendre un risque potentiel de contamination de l'environnement. Afin d'améliorer les rendements d'extraction de ces métaux, une nouvelle technique est en émergence, la rhizomédiation, qui associe la bioaugmentation et la phytoextraction. Elle consiste à inoculer le sol avec certains microorganismes et à cultiver des plantes accumulatrices de métaux. Différents travaux ont montré que la présence de microorganismes présents au niveau racinaire influençait la physico-chimie du sol par la synthèse de métabolites microbiens tels que les biosurfactants, les sidérophores et les acides organiques, permettant une meilleure assimilation des substrats par les plantes et une solubilisation des métaux présents.

Néanmoins, le mécanisme n'est pour l'instant pas clairement établi. Ainsi, dans le cadre de phytoextraction bioaugmentée, le rôle des bactéries est de produire des métabolites tels que les sidérophores qui vont augmenter la biodisponibilité des métaux dans la rhizosphère et le rôle des plantes est d'extraire et d'accumuler ces métaux du sol. La phytoextraction est une méthode douce de dépollution mais présente l'inconvénient majeur d'être très lente. La mobilité des métaux dans les sols est dépendante de nombreux facteurs (pH, Eh, matières organiques, ...).

Parmi ces facteurs, la présence de sidérophores, molécules sécrétées par les micro-organismes et présentes en grande quantité dans les sols, peut jouer un rôle important dans la solubilité des métaux. En effet, les sidérophores sont de puissants chélateurs d'ions divalents, permettant aux ions métalliques de rester en solution et de se déplacer dans la rhizosphère. Afin d'améliorer le rendement de phytoextraction, nous avons testé l'hypothèse de coupler à ce procédé l'addition de bactéries productrices de sidérophores (appelé bioaugmentation) ou l'addition de sidérophores purifiés. L'objectif est la compréhension des processus intervenant dans les différentes interactions avec les constituants du sol, les métaux, les bactéries et les plantes (Figure 5).

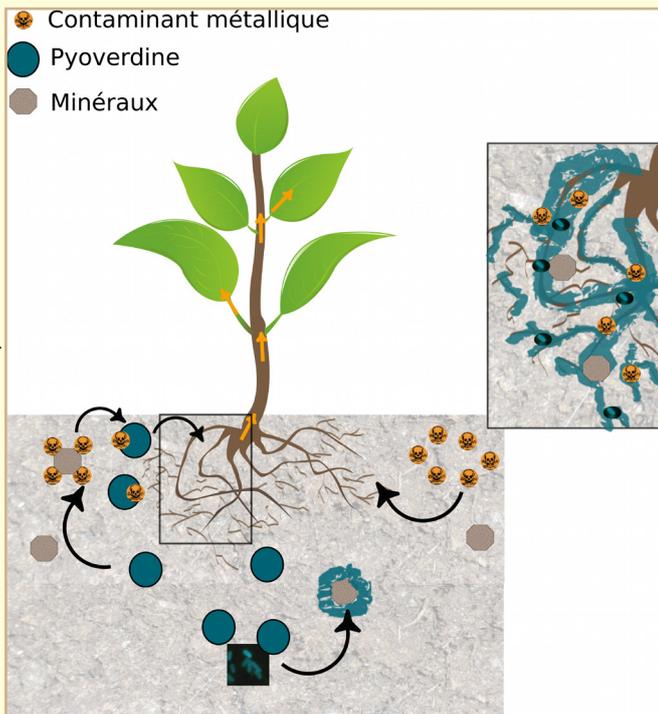


Figure 5 : Schéma récapitulatif des différentes interactions au niveau du sol.

Dans les essais de phytoextraction, les cultures ont été faites en hydroponie pour limiter les nombreuses interactions présentes dans un sol sur des plants de tomates, plantes présentant une biomasse correcte (Figure 6). Les *Pseudomonas* fluorescents, ubiquitairement présents dans les sols et fréquemment utilisés comme outils de bioremédiation, ont été choisis pour cette étude. Les métaux d'intérêt dans ce travail sont le cadmium, le nickel et le cuivre.

Afin de reproduire les conditions environnementales d'un sol, des argiles ont été artificiellement contaminées par des métaux. Les premiers résultats, en hydroponie avec ajout de pyoverdine, montrent que l'incorporation des métaux testés dans la plante est ralentie en présence de sidérophores, ces derniers séquestrant ces métaux toxiques à l'extérieur de la plante. Il y a néanmoins une efficacité d'extraction qui varie selon les métaux, le cuivre étant beaucoup plus mobile que ne le sont le nickel et le cadmium. De plus, les bactéries productrices de sidérophores n'ont pas amélioré le prélèvement, par les plantes, du cadmium et du nickel. Des résultats prometteurs ont cependant été obtenus pour le cuivre (Cornu *et al*, 2013). Les résultats ont de plus démontré que les bactéries productrices de sidérophores sont des cibles intéressantes en phytostabilisation.

Pour aller plus loin dans le mécanisme d'interaction entre les sidérophores (pyoverdine) et les matériaux, un rapprochement avec un laboratoire du réseau REALISE a été important. La collaboration nouvellement établie avec une des équipes l'équipe de Radiochimie de l'IPHC (M. Del Néro) a pour but de déterminer si la pyoverdine s'adsorbe à l'interface smectite/solution et d'identifier les mécanismes d'adsorption mis en jeu.

Différentes mises au point ont été nécessaires, telles que l'optimisation de la technique de dépôt des smectites et sa caractérisation sur le cristal RTA (ZnSe). Il a ainsi été développé une méthode optimisée permettant d'obtenir un dépôt reproductible et bien caractérisé. Il est à présent possible de réaliser un dépôt de faible épaisseur (environ 700 nm) garantissant la reproductibilité des expériences par spectrométrie Infra Rouge à Transformée de Fourier (IRTF).

Ces expériences concernant le suivi du processus d'adsorption de la pyoverdine sur la smectite au cours de l'altération du solide suggèrent que la pyoverdine s'adsorbe fortement à l'interface smectite/solution (50 % d'adsorption) en formant un complexe de surface de sphère interne auquel participent le groupement catéchol de la pyoverdine et un centre métallique (Fe ou/et Al) présent à la surface de la smectite. Les interactions entre des micro-organismes producteurs de sidérophores et les matériaux présentent beaucoup de zones d'ombre à éclaircir au niveau des mécanismes. Ce sidérophore, synthétisé par des bactéries largement répandues au niveau des sols, n'a jamais été étudié dans ce contexte d'interaction avec des argiles.

Des études complémentaires sont actuellement en cours, afin d'identifier les mécanismes d'adsorption en fonction de paramètres clés du système tel que le pH, la force ionique et la concentration en pyoverdine. Pour ces dernières, de la pyoverdine purifiée par HPLC est nécessaire et le protocole de purification doit être adapté pour chaque pyoverdine. A plus long terme, lorsque les interactions à l'interface smectite/solution/pyoverdine seront bien identifiées, les bactéries productrices de sidérophores seront introduites dans le système afin d'étudier le comportement à l'interface smectite/solution.



Figure 6 : Croissance de plants de *Lycopersicon esculentum* cv. Saint-Pierre en phytotron.

Identification du rôle de la médiation bactérienne sur la signature isotopique de carbonates de calcium : expérimentations de précipitations abiotiques VS biotiques

L'objectif général de ce projet était de nous focaliser sur les mécanismes conduisant à la formation de carbonate de calcium en milieu silicaté et sur les forçages extérieurs qui contrôlent ces mécanismes (climat, concentration en CO₂ atmosphérique,...). Notre projet exploratoire innovant et inédit pour les isotopes du calcium s'est inscrit à la frontière entre géochimie isotopique, biochimie, minéralogie, et microbiologie, dans le cadre d'une collaboration scientifique mise en place entre des équipes issues de disciplines différentes (équipe «Géochimie Isotopique et Chimie de l'Environnement du LHyGeS et équipe «Transports membranaires bactériens» de l'IREBS) qui se proposent de mener des études transverses entre géochimie isotopique et microbiologie.

Ce projet constitue une première étape indispensable pour comprendre la place et le rôle exact de ce réservoir sur le cycle global du carbone. Les accumulations de carbonate de calcium en milieu silicaté pourraient en effet constituer un puits complémentaire de carbone, actuellement peu pris en compte dans le cycle global de cet élément.

Nous nous sommes focalisés sur la question de l'origine bactérienne de ces formations, que plusieurs études minéralogiques récentes ont mises en évidence, et de l'importance de cette médiation bactérienne dans le milieu naturel. Nous chercherons en particulier à identifier une signature isotopique spécifique de ces synthèses bactériennes. Une telle signature constituerait un outil simple pour étudier la place de ces précipitations de carbonate d'origine bactérienne à l'échelle globale, mais aussi pour évaluer la variation au cours du temps de ce type de « bio »-précipitation.

Cette étude s'est focalisée sur l'analyse isotopique des éléments constitutifs des carbonates de calcium (Ca, C, O), et sur la comparaison de ces signatures *in vitro*, lors d'expériences en laboratoire, et en milieu naturel. L'étude en milieu naturel s'est intéressée à des carbonates dont l'origine microbienne a été clairement établie (bassins versants de Maneskaré et Machatoum, Cameroun). La comparaison des résultats *in vitro* /milieu naturel nous permettra, en particulier, de donner une première indication sur la robustesse de la signature isotopique que nous proposons comme proxy du mécanisme de formation de ces carbonates, mais aussi sur la réponse de ces formations aux variations climatiques quaternaires. Il s'agit clairement d'un projet prospectif qui débouchera sur des projets beaucoup plus ambitieux selon les résultats que l'on obtiendra au cours de cette année d'étude.

Nous avons proposé pour cela de réaliser une étude expérimentale de synthèse de carbonates par médiation bactérienne en milieu contrôlé afin d'évaluer si les isotopes des

éléments majeurs constitutifs des carbonates (Ca, C et O) portent une signature spécifique de ce mode de formation.

Les objectifs de l'étude sont :

- de mettre en évidence une signature isotopique particulière des carbonates formés sous l'activité microbienne pour les isotopes de Ca.
- d'identifier les coefficients de fractionnement spécifiques liés aux bactéries et d'identifier l'importance des paramètres T°, pH sur les valeurs de ce coefficient de fractionnement.

Pour répondre à ces questions nous avons essayé de mettre en place un protocole expérimental en milieu contrôlé permettant de mesurer le fractionnement isotopique induit par la carbonatogénèse bactérienne au cours de la transformation de l'oxalate de calcium en carbonate de calcium, en prenant en compte les conditions du milieu (25°C, pH 6-8, taux de précipitation, pCO₂ atmosphérique, type de bactérie du sol *Cupriavidus necator*).

Les échantillons abiotiques ne présentent aucune évolution au cours du temps, contrairement aux échantillons biotiques. Un aliquot de chaque échantillon a été acidifié pour analyser les concentrations en calcium, magnésium, strontium, potassium, phosphore et sodium, ainsi que pour les analyses isotopiques. Notre expérimentation préliminaire n'est pas encore optimisée puisque nous avons précipité de la calcite ainsi que de la vaterite (Figure 7), ce qui ne nous permettra pas de répondre à l'objectif du projet de recherche. En effet, en cas d'évolution isotopique en calcium du liquide au cours du temps, nous ne saurons pas si elle est imputable à l'action des bactéries ou aux proportions variables des deux minéraux qui précipitent, potentiellement avec des coefficients de fractionnement minéral/liquide différents. Il s'agit donc d'optimiser ce protocole afin d'obtenir une seule phase minérale. Pour ce faire nous pourrions jouer sur la concentration d'acétate de calcium, le taux de bactéries inoculées, le type de bactéries.

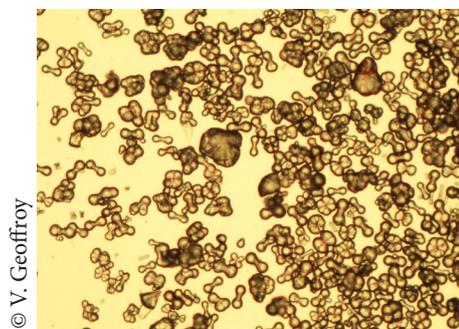


Figure 7 : Cristaux collectés, les formes d'haltère et de moulins correspondent à la calcite, les ronds informes à la vaterite (Nikon Eclipse 50i, x400)

Ce travail sera poursuivi par des modifications de concentration d'acétate de calcium, du taux de bactéries inoculées, du type de bactéries, jusqu'à obtention de cristaux de calcite exempts de vaterite et ainsi pouvoir effectuer les analyses isotopiques.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Partenaires
Programme Ingénierie Écologique « Bioaugmentation associée à la phytoextraction pour le traitement <i>in situ</i> de sols contaminés par des métaux : mise en évidence directe du rôle des sidérophores microbiens »	Laboratoire Sols et Environnement, UMR 1120 INPL (ENSAIA) INRA, Prof J.-L. Morel, 2009-2010
Utilisation des sidérophores ou de bactéries productrices de sidérophores pour la dépollution de site contaminés en métaux toxiques	Équipe Dépollution biologiques des sols, UHA, Colmar (T. Lebeau, K. Jezequel, J.-Y. Cornu)

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Type de contrat et partenaires
Bioaugmentation associée à la phytoextraction pour le traitement <i>in situ</i> de sols contaminés par des métaux : mise en évidence directe du rôle des sidérophores microbiens	Ingénierie Ecologique CNRS/CEMAGREF. coordinatrice : Isabelle Schalk, IREBS, UMR 7242. Chercheurs impliqués: V. Geoffroy, C. Ferret, J.-Y. Cornu, T. Lebeau, K. Jezequel, T. Sterckeman, 2008-2009
Rôle d' <i>Acidithiobacillus</i> dans la dégradation des ciments	École des Mines (Douai) et le Groupe Kernéos (Lafarge Aluminates)
Les sidérophores, des outils pour la bioaugmentation associée à la phytoextraction dans le traitement <i>in-situ</i> de sols contaminés par des métaux lourds	Région ALSACE/DGA : une bourse de thèse de C. Ferret, 2009-2012

Contrats obtenus grâce à la communication du réseau REALISE

- INSU-EC2CO. Identification de l'influence bactérienne sur l'accumulation de carbonate de calcium en milieu silicaté. Coordinatrice : A.-D. Schmitt (GICE/LHyGeS). Personnes impliquées: V. Geoffroy, F. Cobert, F. Chabaux, 2008-2010

Contrats obtenus grâce au partenariat du réseau REALISE avec le réseau des éco-entreprises

- Contrat de valorisation des déchets (Valmiane 2011-2013) : financement ADEME - Région Alsace - Société Somez (Société Méditerranéenne des zéolithes)

Rapprochement de structures dédiées à l'innovation

Dans le cadre du projet bioremédiation des sols pollués par des métaux, nous avons travaillé avec le **CRITT Rittmo**. Une partie des études en phytotron a démarré dans leur enceinte pour la croissance des plants de tomates. Nous avons ensuite mesuré le volume racinaire de nos plants de tomates en utilisant un appareillage spécifique dont il disposait.

Directrice du Laboratoire : Françoise Colobert (PU UdS)

Responsable de l'équipe : Elisabeth Davioud-Charvet (DR CNRS)

Autre chercheur pour la thématique dans le réseau REALISE : Mourad Elhabiri (CR CNRS)

Les résultats scientifiques

Certains métaux (zinc, cuivre, manganèse et fer) sont des oligoéléments essentiels à la croissance des plantes et existent en quantités variables dans la rhizosphère. Les activités anthropiques, telles que l'agriculture intensive ou les activités industrielles ont, néanmoins, provoqué une forte augmentation des teneurs en métaux toxiques (cadmium, arsenic, plomb, mercure, chrome ou sélénium) dans les eaux et les sols de nombreux sites, souvent bien au-delà des concentrations normalement tolérées.

L'apport de métaux polluants aux sols peut se faire par retombées atmosphériques (feux de forêts ou éruptions volcaniques, pollutions humaines : transports, industries manufacturières), par contaminations accidentelles (explosions ou accidents nucléaires) ou par l'incorporation directe ou indirecte (via la végétation) au sol de diverses substances (fertilisants, phytosanitaires, amendements organiques, boues de station d'épuration,...). Cette pollution des sols peut s'accompagner d'une dispersion des métaux toxiques dans l'environnement vers les eaux de surface (érosion), vers les eaux souterraines et les nappes (lixiviation, lessivage), voire par un transfert dans la chaîne alimentaire par l'intermédiaire d'animaux et de végétaux. Les plantes constituent donc un point d'entrée majeur des métaux essentiels, mais aussi toxiques, dans la chaîne alimentaire. Cette propriété peut être néanmoins utilisée à bon escient pour décontaminer les sols pollués par des métaux lourds (remédiation des sols pollués par phytoextraction de métaux).

La phytoextraction est basée sur la culture de plantes qui possèdent des propriétés de tolérance et d'accumulation de métaux lourds et toxiques. Ces plantes sont capables de les extraire des sols (solubilisation et transfert sol → plante) et de les accumuler dans leurs parties récoltables. Quelle que soit la nature du métal, l'un des problèmes pour la plante reste la faible disponibilité des métaux dans les sols. La biodisponibilité des métaux est, en effet, réduite dans les sols du fait de leurs précipitations (oxydes ou hydroxydes), ou de leurs associations à des substances présentes dans la rhizosphère (acides humiques, anions,...). Par exemple, la concentration homéostatique en fer(III) chez les plantes varie de 10^{-6} à 10^{-4} M selon l'espèce, tandis que celle dis-

ponible dans les sols oxydés n'est que de 10^{-9} à 10^{-10} M. Afin de surmonter cette faible biodisponibilité en fer(III), les végétaux ont donc mis en place deux stratégies d'acquisition (stratégie réductrice, Figure 1a ou stratégie chélatrice, Figure 1b) qui leurs permettent de solubiliser les oxydes ou hydroxydes ferriques et ainsi de contribuer à la mobilité et au transfert du métal vers la plante.

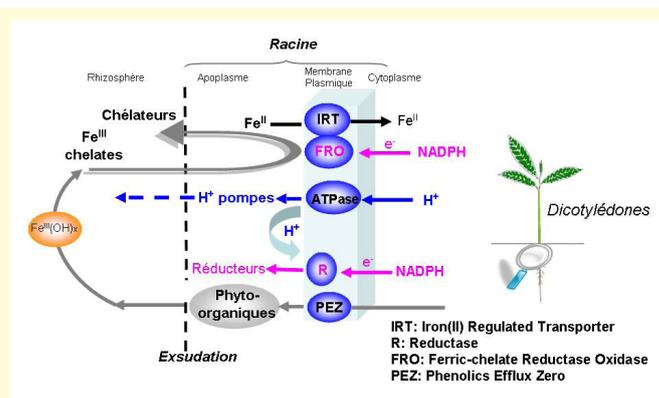


Fig. 1.a

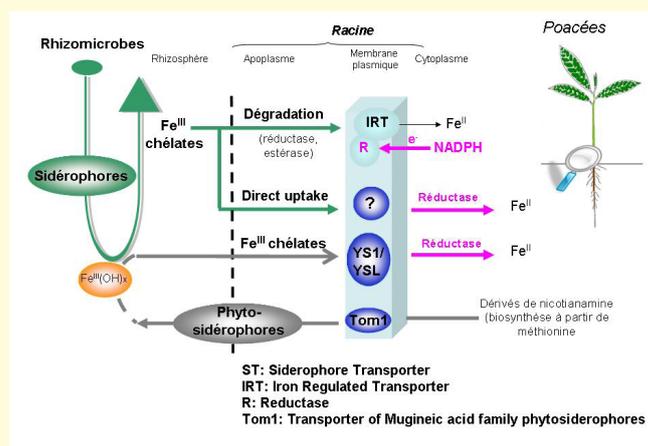


Fig. 1.b

Figure 1 : Stratégies d'acquisition du fer(III) chez les plantes supérieures : (a) stratégie réductrice pour les plantes non-graminées et (b) stratégie chélatrice pour les plantes graminées. Les ovales représentent les transporteurs et les enzymes clés impliqués dans ces deux stratégies, l'ensemble d'entre eux étant produits en réponse à des situations de carences en fer(III) : FRO, ferric-chelate reductase oxidase ; IRT, Iron-Regulated Transporter ; PEZ, Phenolics Efflux Zero ; TOM1, transporter of mugineic acid family phytosiderophores 1; YS1/YSL, Yellow Stripe 1/Yellow Stripe 1-like.

Pour les dicotylédones vraies et les monocotylédones n'appartenant pas à la famille des poacées (stratégie réductrice), l'exsudation d'acides phytoorganiques non humiques (acides citrique, malique, oxalique, tartrique,...) et l'activation de pompes à protons permettent d'acidifier localement la rhizosphère, leur permettant de solubiliser les métaux et de mieux les complexer. La réduction des complexes de fer(III) par des oxydoréductases de type flavocytochrome b (FRO2) présentes à la surface des racines (Figure 1a), contribue également à la solubilisation du fer dans l'apoplasme et facilite le transport à travers la membrane épidermique. Cette enzyme NADPH-dépendante (FRO2) est également suspectée d'être impliquée dans la réduction et la mobilisation d'autres métaux comme par exemple le cuivre(II).

Les métaux, sous leurs formes réduites, sont ensuite transportés dans le cytosol des cellules par la protéine IRT1 qui appartient à la famille des transporteurs ZIP (ZRT IRT-like Protein). D'autres transporteurs de métaux ont été également identifiés : ce sont les protéines NRAMP (Natural Resistance-Associated Macrophage Protein). Ces transporteurs sont répandus chez les êtres vivants puisqu'ils existent aussi chez les bactéries et les animaux. Ces transporteurs NRAMPs semblent, en revanche, plutôt assurer la mobilité intracellulaire du fer et sa compartimentation dans les chloroplastes, les vacuoles et les mitochondries des plantes.

Les poacées (aussi appelées graminées, plus communément les «herbes» et «céréales») forment une autre famille botanique importante. Elles répondent aux carences en fer(III) par l'exsudation dans la rhizosphère (stratégie chélatrice) de phytosidérophores, chélateurs puissants du fer(III). Les complexes phytosidérophores/fer(III) sont ensuite reconnus par des transporteurs membranaires spécifiques (YS1: Yellow Strip 1 isolé, par exemple, chez le maïs) qui assurent leurs passages dans le cytoplasme. La dissociation des complexes et la réduction du fer(III) s'effectuent dans le cytoplasme de la cellule. Cette famille de végétaux peut utiliser également des sidérophores microbiens exogènes de la rhizosphère (rhizosidérophore).

Pour les complexes rhizosidérophores/Fe(III), l'un des mécanismes de transfert suggéré consisterait en une réduction (ou dégradation) des complexes ferriques, puis en un transport du fer(II) par des IRTs (Ferrous Iron Transporter).

Les exsudats racinaires constituent une source importante de carbone (rhizodéposition) pour de nombreux microorganismes rhizosphériques, le sol étant pauvre en substrats carbonés. Les sols peuvent ainsi comporter une densité de microorganismes microbiens qui peut atteindre jusqu'à 109 unités par gramme de sol, ainsi qu'une très grande diversité : quelques dizaines à centaines de milliers de groupes bactériens par gramme de sol. Parmi ces colonies microbiennes, plusieurs microorganismes rhizosphériques (mycorhizes *Aspergillus p* ou *Penicillium sp*, rhizobactérie *Pseudomonas sp*) synthétisent des sidérophores qui peuvent contribuer à la solubilisation des métaux du sol.

Le principal inconvénient de la phytoextraction est la cinétique lente de décontamination qui atteint jusqu'à plusieurs années selon le végétal utilisé, sa nature, l'ampleur de la pollution ainsi que les propriétés physico-chimiques du sol à dépolluer (nature, pH, composition). La mobilité des métaux dans les sols peut être améliorée par ajout de chélateurs synthétiques exogènes tels que l'EDTA (acide éthylène-diamine-tétraacétique, Fig. 2). Cependant cette technique, onéreuse et peu efficace, engendre des effets toxiques indésirables sur la microflore et la microfaune du sol, ainsi qu'un risque de lixiviation des métaux.

Une autre technique très intéressante, la rhizoremédiation, qui associe bioaugmentation et phytoextraction, consiste en l'inoculation des sols avec des microorganismes rhizosphériques ou non rhizosphériques judicieusement sélectionnés, combinée à la culture de plantes accumulatrices ou non. Ce processus semble plus avantageux en termes de coût environnemental et financier, mais l'efficacité reste limitée du fait de verrous technologiques et scientifiques encore non levés. Jusqu'à présent, de rares études physico-biochimiques se sont réellement centrées sur le rôle des microorganismes inoculés sur la spéciation de métaux dans un sol contaminé.

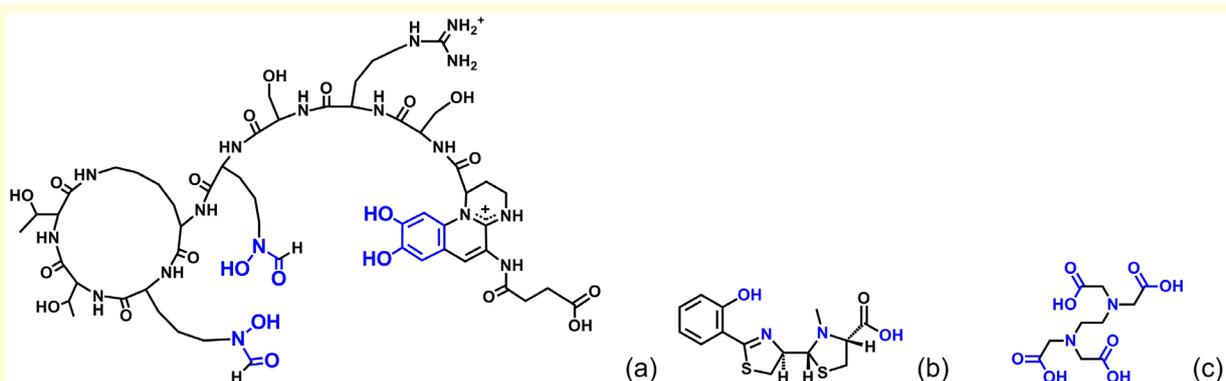


Figure 2 : Structures chimiques de la pyoverdine Pvd (a), de la pyochéline (b) et de l'EDTA (c). Les atomes en bleu désignent les sites de coordination de métaux.

La mobilisation bioassistée des métaux du sol et leur transfert vers la plante reposent, en effet, sur un ensemble de processus très complexes. Une meilleure compréhension de ces processus nécessite donc, en amont, une connaissance approfondie des paramètres physico-chimiques (propriétés de reconnaissance, paramètres électrochimiques et acido-basiques des complexes métalliques, cinétique de formation,...) des chélateurs rhizosphériques majeurs (phytosidérophores, sidérophores bactériens et fongiques, acides phytoorganiques) et de leurs complexes métalliques. Cette caractérisation physico-chimique, que nous menons depuis plusieurs années au sein du réseau REALISE, nous permet désormais de modéliser, dans les conditions de pH et de concentrations des sols, la contribution de chacun de ces systèmes d'acquisition dans les processus de mobilisation et de transfert sol → plante. Elle guidera aussi à terme le choix vers le(s) microorganisme(s) à inoculer et le(s) végétal(aux) à cultiver.

Notre équipe de recherche intervient comme membre actif du projet «Mécanisme de mobilisation et de transfert sols-plantes de métaux polluants par voies bioassistée ou non» pour l'une de ses compétences, devenue rare France, en physico-chimie bio(in)organique en solution (mécanismes de reconnaissance de métaux d'intérêt par des chélateurs naturels ou synthétiques tels que les polyphénols, les sidérophores ou les métallobactériocines bioinspirés). Elle possède aussi une expertise reconnue en (bio)chimie de petites molécules douées d'activité rédox et d'enzymes de type disulfure-réductase.

Pour mener à bien nos investigations, nous disposons d'une plateforme analytique performante avec des outils spectroscopiques (absorption et émission), électrochimique (voltamétrie cyclique), potentiométrique ou cinétique (appareils à écoulement bloqué).

Le réseau REALISE nous a apporté des opportunités formidables en termes de financements d'équipements complémentaires, de collaborations scientifiques et d'Actions Structurantes. Au sein de ce réseau, nous collaborons depuis plusieurs années sur ce projet avec l'équipe Transport Membranaire Bactérien (IREBS), qui possède des compétences internationalement reconnues dans l'identification de sidérophores de souches pathogènes et l'étude de leurs mécanismes d'acquisition et de transport du fer(III). Au cours de nos études communes, une attention particulière a été portée aux métaux essentiels (fer, zinc, cuivre, manganèse, nickel et cobalt) et à quelques métaux toxiques (cadmium, plomb et les lanthanides).

Nous avons examiné le rôle de plusieurs microorganismes rhizosphériques et avons considéré plus précisément les facteurs «moléculaire» (structures et propriétés) des sidérophores excrétés. La bactérie *Pseudomonas aeruginosa* a tout d'abord été sélectionnée comme microorganisme modèle. *P. aeruginosa*, bactérie Gram-négatif, est omniprésente dans

les sols et se retrouve communément sur la surface des plantes. Le sidérophore majeur excrété par *P. aeruginosa* est un ligand hexadenté fluorescent, la pyoverdine PaA (Figure 2a). Ce sidérophore, très sélectif pour le fer(III), participe au système à forte affinité d'acquisition du fer(III) par la bactérie. Une autre molécule, de plus faible poids moléculaire, est également synthétisée par *P. aeruginosa*, la pyochéline (Figure 2b). Cette bactérie produit donc deux sidérophores en milieu carencé en fer(III), mais également lorsqu'elle est exposée à des concentrations anormalement élevées de métaux dont le cuivre(II). La pyochéline est d'ailleurs suspectée de participer activement à la spéciation du cuivre(II) et son rôle putatif serait de prévenir le stress oxydant induit par la complexation de la pyoverdine par ce même métal électroactif.

Les complexes métalliques avec ces sidérophores ont tous été caractérisés et quantifiés. La spectrométrie de masse en mode electrospray (appareil financé par le réseau REALISE et mutualisé avec l'équipe Biogéochimie Moléculaire) a, par exemple, été un outil analytique essentiel au cours cette étude.

Cette technique spectrométrique, qui permet une ionisation des complexes métalliques dans des conditions douces, nous a fourni une cartographie des espèces métalliques en solution. Le réseau REALISE nous a, en outre, permis de compléter notre plateforme analytique grâce à l'acquisition d'un spectrophotomètre d'absorption UV-visible-PIR dont l'utilité, pour évaluer la stabilité des complexes métalliques, est essentielle. Les données physico-chimiques (aspects thermodynamiques, cinétiques et électrochimiques) obtenues pour la pyoverdine et la pyochéline ont été comparées à celles qui ont été mesurées pour des phytosidérophores (acides muginéique, avénique et distichonique) et sidérophores (ferrioxamine, chrysobactine, ...), des acides phytoorganiques (acides citrique, malique, oxalique, tartrique, salicylique) ainsi que pour l'EDTA (Figures 3).

La modélisation et l'évaluation de la contribution de chaque pool de chélateurs endogènes (acides phyto-organiques et phytosidérophores) et exogènes (rhizosidérophore, EDTA) nous a permis d'évaluer la sélectivité des processus de spéciation et de mettre en lumière les voies de capture et de transport préférentielles dans différentes conditions. Pour la stratégie réductrice, les acides phyto-organiques, bien qu'ils puissent être considérés comme des chélateurs modérés du fer(III) et du cuivre(II), sont moins efficaces que l'EDTA. En ce qui concerne la stratégie chélatrice, la pyoverdine et la pyochéline, produites par la rhizobactérie *P. aeruginosa*, sont capables de mobiliser efficacement le fer(III) et le cuivre(II). Cette cible bactérienne semble donc très intéressante dans le cadre de la rhizoremédiation. Enfin, nous avons montré que l'association thermodynamique synergique de rhizo- et de phytosidérophores pourrait augmenter de manière significative la mobilisation du fer(III) et du cuivre(II). La rhizoremédiation constitue donc une alternative intéressante à l'utilisation de l'EDTA.

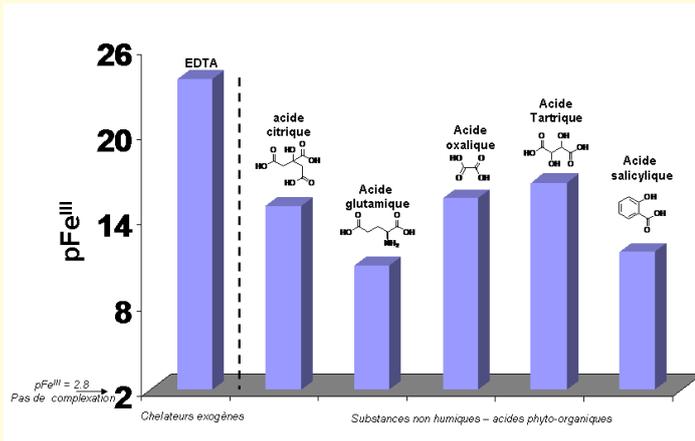


Fig. 3.a

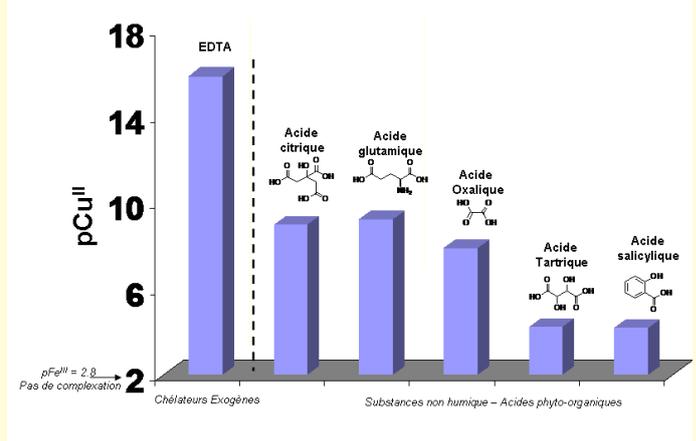


Fig. 3.c

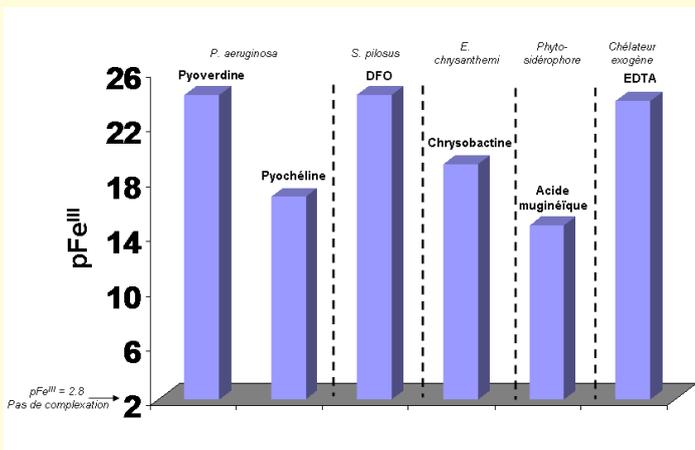


Fig. 3.b

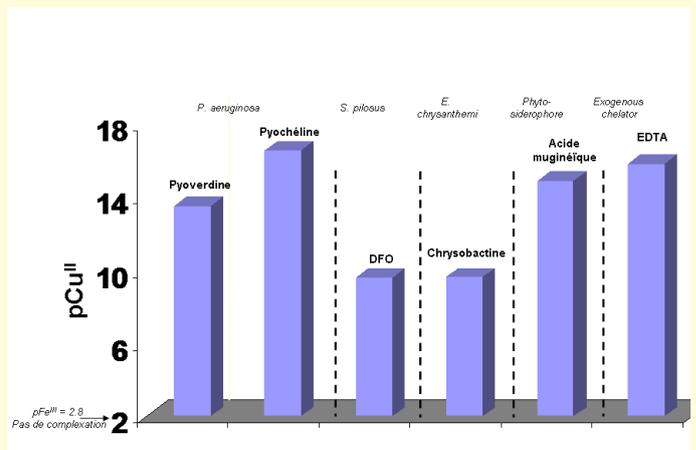


Fig. 3.d

Figure 3 : Pouvoir complexants du fer(III) et du cuivre(II) dans le cadre des stratégies réductrice et chélatrice. (a) spéciation du fer(III) - stratégie réductrice ; (b) spéciation du fer(III) - stratégie chélatrice ; (c) spéciation du Cu(II) - stratégie réductrice ; (d) spéciation du Cu(III) - stratégie chélatrice. $pM = -\log [\text{métal}]_{\text{libre}}$; $[\text{chélateur}]_{\text{tot}} = 1.6 \times 10^{-2} \text{ M}$; $[\text{métal}]_{\text{tot}} = 1.6 \times 10^{-3} \text{ M}$ ($\sim 50\text{-}100 \text{ ppm}$) ; $pH_{\text{sol}} = 6.5$.

En collaboration J.-Y. Cornu (Institut National de la Recherche Agronomique - UMR 1220 TCEM, Ville-nave d'Ornon) et T. Lebeau (Equipe bioremédiation/phytoextraction des sols, UMR 6112 CNRS-Université de Nantes), nous avons ensuite évalué le rôle de l'ajout de pyoverdine sur la mobilité, la phytodisponibilité et la phytoextraction du cuivre(II) et du cadmium(II) dans des sédiments calcaires (sols viticoles à Rouffach). Les expériences ont montré une corrélation entre stabilité des complexes métalliques avec la pyoverdine et effets sur la mobilité du cuivre(II).

Cette étude a confirmé nos premières hypothèses qui supposaient que l'impact de la pyoverdine sur la phyto-extraction d'un métal reposait, entre autre, sur sa capacité à complexer fortement ce métal. L'effet de la pyoverdine semble spécifique pour le cuivre(II). Aucune phytoextraction bioaugmentée n'a été mesurée pour d'autres cations (calcium, cobalt, manganèse, nickel ou zinc). Ces derniers métaux sont, en effet, plus faiblement complexés par la pyoverdine (Figure 4)

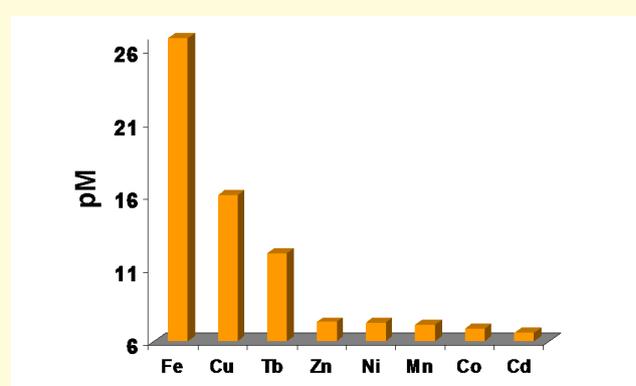


Figure 4 : Séquence de stabilité de la pyoverdine Pvd pour divers métaux d'intérêt dans notre étude. $pM = -\log [\text{métal}]_{\text{tot}}$; $[\text{Pyoverdine}]_{\text{tot}} = 10^{-5} \text{ M}$; $[\text{métal}]_{\text{tot}} = 10^{-6} \text{ M}$; $pH = 7.4$.

Ce travail sera poursuivi par l'étude de mutants de *P. aeruginosa*, incapables de produire la pyochéline. En effet, nous avons montré que la pyochéline constituait un meilleur chélateur du cuivre(II) que la pyoverdine (Figure 3), plus spécifique pour le fer(III).

Toujours dans le cadre des recherches menées au sein du réseau REALISE, nous avons obtenu, en 2012, une aide financière dans le cadre de l'Action Structurante qui nous a permis d'initier avec l'équipe «Transport Membranaire

Bactérien» de l'IREBS, une étude physico-biochimique de plusieurs souches de *Pseudomonas*. Il s'agit, dans ce projet, d'établir d'éventuelles corrélations entre structures chimiques des sidérophores produits par ces *Pseudomonas* et stabilité des complexes métalliques. Toujours dans le domaine de la rhizoremédiation, nous projetons d'examiner aussi, de par nos compétences en enzymologie et en réductase, les processus de reconnaissance de divers complexes ferriques par des oxydoréductases de plantes (FRO2, Figure 1).

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Collaborations avec des laboratoires externes au réseau grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Partenaires
Biogéochimie et transfert sol-plante d'éléments minéraux traces (Cd, Pb, Cu, Zn) dans les écosystèmes agricoles	INRA- Transfert Sol-Plante et Cycle des Eléments Minéraux dans les Ecosystèmes Cultivés, UMR 1220, Villenave d'Ornon (Gironde)
Phytoextraction «accélérée» par bioaugmentation de sols agricoles contaminés par des métaux toxiques, suivie du traitement de la biomasse végétale par incinération	Équipe bioremédiation/phyto-remédiation des sols, UMR 6112 CNRS-Université de Nantes, Laboratoire de Planétologie et Géodynamiques

Contrats de recherche obtenus grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Thématique	Type de contrat et partenaires
Propriétés chélatrices et antioxydantes de polyphénols du régime alimentaire : rôle sur la santé humaine	Programme PHC CMEP TASSILI (13MDU892) avec le Dr. N. Mokhtari (partenaire Algérien, Laboratoire Physiologie, Physiopathologie et Biochimie de la Nutrition, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie) permettant des échanges d'étudiants sur le thème, 2013-2016
Étude des mécanismes réactionnels régissant l'effet de barrière à l'oxygène de certains additifs pour polymère	Collaboration de recherche avec la société Clariant (Clariant Produkte Schweiz AG, Suisse). Durée : 1 an.

AXE 4

Les enjeux environnementaux et la politique territoriale

Cet axe, créé en 2007 lors de l'instauration du CPER 2007-2013, concerne essentiellement les travaux des Sciences Humaines et Sociales (Géographie, Economie, Droit, Sociologie et Ethnologie) liés aux questions environnementales. L'individualisation d'un tel axe avait pour objectif de mieux faire apparaître la place des Sciences Humaines et Sociales dans les travaux de REALISE, avec le risque, que nous avons essayé d'éviter, de conduire à une réduction des interactions entre chercheurs des Sciences Humaines et Sociales et chercheurs des disciplines de sciences dites «exactes».

Ces travaux interdisciplinaires s'intéressent à l'intelligence territoriale dans ses actions d'observation, d'analyse et de proposition pour la préservation de la qualité environnementale des milieux, et le développement territorial durable, dans un contexte de changement global.

Les thématiques des projets portent sur la connaissance de la dynamique sociale agissant sur le milieu, le contexte juridique et socio-économique des décisions politiques et légales, et les représentations cognitives de l'environnement à différentes échelles d'implication : population, acteurs de l'aménagement et organes décideurs.

Les laboratoires et équipes impliqués dans l'axe 4 lors du CPER 2007-2013 sont les suivants :

- Bureau d'Economie Théorique Appliquée (BETA), UMR 7522 Uds-CNRS
- Équipe « Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement » UMR Irstea-ENGEEES
- Laboratoire Société, Acteurs, Gouvernement en Europe (SAGE), UMR 7363 Uds-CNRS
 - Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg (Environnement, Santé, Sciences et Société depuis 2013)
 - Centre de Recherche et d'Etude en Sciences Sociales (CRESS) (Dynamiques Territoriales, Villes et Mobilité depuis 2013)
- Laboratoire de Cultures et Sociétés en Europe (LCSE) , UMR 7236 Uds-CNRS
- Laboratoire Image Ville Environnement (LIVE), UMR 7362 Uds-CNRS

Responsable de GESTE : Rémi Barbier (PR ENGEES)

Autres membres de l'équipe impliqués dans le réseau REALISE : Mohamed Ali Bchir (IR ENGEES), François-Joseph Daniel (Mdc ENGEES), François Destandau (IR ENGEES), Carine Heitz (IR IRSTEA), Anne Rozan (PR ENGEES)

Responsable de l'axe «Comportement et marché» du BETA : Sandrine Spaeter (PU Uds)

Autres membres de l'équipe impliqués dans le réseau REALISE : Giuseppe Attanasi (Mdc Uds), Kene Boun My (IE CNRS), Julien Jacob (Mdc Université de Lorraine et membre du BETA)

Les résultats scientifiques

Les différents financements obtenus dans le cadre du réseau REALISE nous ont permis de développer une thématique autour de la régulation de la pollution de l'eau, et plus généralement du comportement des agents dont les activités présentent un risque pour l'environnement. Toute cette thématique constitue un point fort de l'axe «comportements et marché» du BETA, ainsi que l'axe «Gouvernance territoriale des ressources et des risques» de l'équipe GESTE. Nous présentons ici les principaux résultats concernant la régulation de la pollution de l'eau.

La pollution de l'eau d'origine agricole est qualifiée de pollution diffuse dans le sens où il est difficile ou tout du moins très coûteux d'identifier les émissions au niveau individuel. En effet, les conséquences des pratiques agricoles sont fortement liées aux aléas climatiques et aux caractéristiques pédologiques des surfaces cultivées, rendant complexe la relation entre les pratiques et les émissions polluantes qui en découlent. De ce fait, la pollution diffuse nécessite d'être innovant sur le plan des politiques de régulation de la pollution.

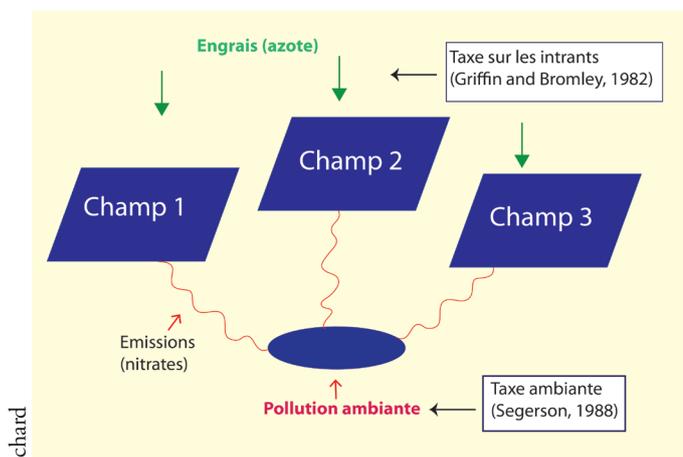


Figure 1 : le phénomène de pollution diffuse

© F. Cochard

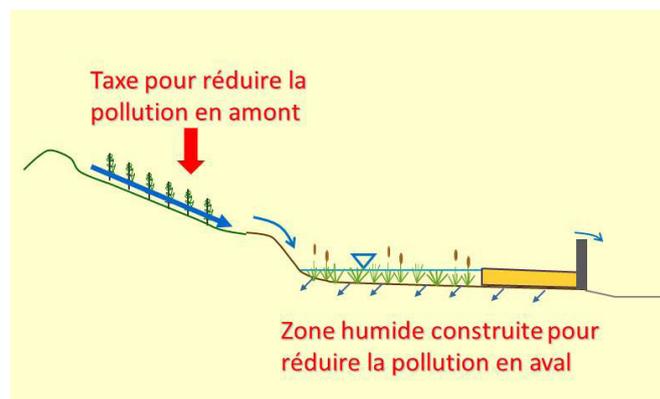


Figure 2 : Schéma illustrant une politique jouant à la fois sur une réduction des intrants en amont et une phyto-remédiation en aval

Du point de vue de l'analyse théorique, S. Spaeter et A. Verchère se sont intéressés à la forme optimale que devrait revêtir une politique de régulation de la pollution de l'eau d'origine agricole. Il est notamment apparu qu'un système classique de taxes ou, symétriquement, entièrement assis sur des subventions vertes ne correspond pas à un système d'incitations optimal. En revanche, un système plus flexible, avec vérification aléatoire des pratiques dans le temps, doit permettre de générer des pratiques culturales plus conformes aux normes environnementales (Spaeter et Verchère, 2004).

Toujours dans un souci d'aide à la décision dans le domaine de l'élaboration des politiques de régulation, nous avons également, en partenariat avec G.Imfeld (LHyGeS/TREHA), cherché à définir le gain supplémentaire de dépollution que pourrait représenter une dépollution aval au travers de la phytoremédiation (figure 2). Cette phytoremédiation est réalisée en aval du bassin versant, grâce à la construction d'une zone humide artificielle (dans notre exemple, il s'agit du Bassin d'orage de Rouffach).

Nous montrons que cette dépollution avale représente une opportunité non négligeable dans un objectif d'atteinte du bon état tel qu'il est défini dans la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). En revanche, plus la norme est stricte, moins le gain lié à cette dépollution avale sera important.

Enfin, nous avons réalisé un ensemble de travaux basé sur un nouvel instrument de régulation : la taxe ambiante. Cet instrument contourne le problème lié au fait qu'on ne peut pas observer les émissions individuelles. Par contre, il s'apparente à une pénalité collective, puisqu'il est basé sur la pollution relevée dans le milieu. En cela, il semble délicat à mettre en œuvre.

Nous avons ainsi mené des travaux en économie expérimentale afin de tester en laboratoire et sur le terrain l'efficacité de cet instrument et de développer des variantes qui pourraient être plus acceptables.

Ainsi, un premier travail a consisté à montrer que cet instrument était effectivement efficace, dans le sens où il contraint les sujets à réduire leurs intrants (Cochard et al., 2005). Alors qu'en économie expérimentale, la plupart des sujets sont des étudiants, nous avons testé l'efficacité de cet instrument auprès d'un public d'agriculteurs (Figure 3). L'instrument semble efficace (les agriculteurs ont fait des choix proches de ceux que ferait un régulateur en charge du bien-être de l'ensemble de la société), mais soulève de vrais problèmes d'acceptabilité (Cochard, Rozan, 2010).

Forts de ces premiers résultats, nous avons alors cherché à gagner en acceptabilité en testant des variantes de l'instrument (thèse de Hamet Sarr). Ces variantes reposent sur la capacité de coopérer des sujets. Cependant, cette capacité est susceptible d'être réelle sur le terrain, notamment parce



© Mohamed Ali Bchir

Figure 3 : campagne d'expériences de terrain réalisées à l'aide du laboratoire mobile en septembre 2012

que les agriculteurs se connaissent et ont l'occasion de communiquer entre eux. Nous avons donc systématiquement étudié l'efficacité de ces nouvelles variantes en supposant que les agents se rencontreraient régulièrement pour communiquer. Ainsi, nous avons testé la taxe pigouvienne moyenne (taxe ambiante dont le montant est divisé par le nombre d'agriculteurs) et la taxe ambiante plafonnée. Cette dernière donne des résultats très encourageants.

De ce fait, nous avons réalisé une série d'expériences de terrain à l'automne dernier, grâce au laboratoire mobile. Nous avons ainsi pu aller à la rencontre des agriculteurs (Obernai, Brumath, Haguenau) afin de tester l'instrument, «taxe ambiante» plafonnée auprès de cette population.

De manière plus ponctuelle, le réseau REALISE a permis de conforter la thématique « évaluation des biens environnementaux », travaux réalisés d'une part dans le cadre de l'axe «Air» du réseau REALISE de 2002 à 2006 et, d'autre part, par un financement de «Voies Navigables de France» (VNF) obtenu grâce à la communication du réseau REALISE.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Contrats de recherche obtenus grâce aux enquêtes et équipements financés dans le cadre du réseau

- Thématique Régulation de la pollution et comportement des agents (BETA), contrat Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2005
- Évaluation de bien environnementaux. Application au polder d'Erstein. Application de la méthode HEP adaptée au Polder d'Erstein). Contrat ONEMA 2011-2013

Contrats obtenus grâce à la communication du réseau REALISE

Mise en contact avec «Voies Navigables de France» (VNF) : contrat de recherche de 2007 à 2009 sur la valorisation des biens environnementaux sur le Rhin et la bande rhénane. Financement de trois thèses : une en économie (Nathalie Dumax), une en droit (Marthe Lucas) et une à l'INSA (Céline Ohresser).

Ce projet a permis aux chercheurs des trois laboratoires de collaborer, en particulier avec le Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg dans le cadre du réseau REALISE.

Thèse en économie de Nathalie Dumax : "Les mesures compensatoires : un indicateur du coût environnemental", de décembre 2006 à novembre 2009, Université Louis Pasteur. Soutenue le 27/11/09. Direction de thèse : Anne Rozan.

Directeur du SAGE : Hélène Michel (PU Uds)

Responsable du laboratoire : Marie-Pierre Camproux-Duffrene (MdC Uds)

Autres chercheurs impliqués dans RÉALISE : Benjamin Baldous (MdC Uds), Michel Durousseau (Directeur du Conservatoire des Sites Alsaciens), Bernard Dyssli (Juriste), Véronique Jaworski (MdC Uds), Jochen Sohnle (MdC Univ. Metz), Jean-Mattern Staub (PU Uds)

Les résultats scientifiques

«Les perspectives de transposition, en droit français, des textes communautaires en matière de responsabilité des entreprises »

Les textes communautaires étudiés ont été, d'une part, la Directive Communautaire adoptée le 21 avril 2004 sur la responsabilité environnementale en vue de la prévention et la réparation des dommages environnementaux et, d'autre part, la décision-cadre du Conseil de l'Union Européenne du 27 janvier 2003 relative à la protection de l'environnement par le droit pénal.

Cette recherche a consisté en une analyse des compétences des différents organes de l'Union Européenne et du droit proces-suel communautaire, et des conflits de compétence existants, puis en une analyse des textes qui a permis de mettre en évidence le régime des responsabilités (conditions, moyens d'exonération, sanctions), le rôle des différents acteurs en cause (les entreprises industrielles, l'Etat, les associations,...) et d'envisager la transposition en droit interne français de ces dispositions.

Le rapport final a été déposé à la Région Alsace en octobre 2007, et les études ont été mises en ligne sur le site internet du CDES en décembre 2007 et sont régulièrement consultées par des internautes :

- étude n° 1 : observations générales sur la directive 2004/35/CE relative à la responsabilité environnementale,
- étude n° 2 : croisement de regards sur la transposition de la directive 2004/35/CE,
- étude n° 3 : le contentieux administratif dans le cadre de la directive 2004/35/CE,
- étude n° 4 : aspects civils de la directive 2004/35/CE,
- étude n° 5 : la protection de l'environnement par le droit pénal au sein de l'Union Européenne.

Dans la continuité du rapport de recherche remis à la Région Alsace en 2007, «Les perspectives de transposition en droit français des textes communautaires en matière de responsabilité des entreprises », une recherche a été menée sur l'exemple allemand : « La transposition de la directive 2004/35/CE sur la responsabilité environnementale en droit allemand».

« Le suivi des atteintes à l'environnement en Alsace : approche juridique de la compensation et de la réparation »

Les objectifs de cette étude ont été de :

- recenser le plus d'opérations visant à réparer les dommages causés à l'environnement,
- identifier les difficultés rencontrées, par les acteurs de terrain, dans la mise en œuvre concrète de ces mesures,
- proposer éventuellement des solutions juridiques pour les résoudre.

Les auteurs ont rencontré un grand nombre d'acteurs dans le cadre de leur mission ; ces entretiens ont été réalisés sur la base d'un questionnaire préalablement établi.

Étude en droit français des possibilités juridiques de sécurisation et de pérennisation de mesures relatives à la protection, à la gestion, et à la surveillance de l'environnement sur un terrain privé

L'objectif a été de réaliser une étude exhaustive des différentes techniques juridiques : servitudes, baux emphytéotiques, fiducie, etc,... de nature à garantir la pérennité de ces mesures, indépendamment des mutations éventuelles pouvant affecter la propriété et l'usage du terrain, en faisant état des avantages et des inconvénients liés à l'usage de ces différentes techniques juridiques.

L'étude s'intéresse également à la question de la possibilité matérielle et juridique pour un exploitant d'installation classée de réaliser des mesures de compensation ou de remise en état sur un terrain dont il n'est pas forcément propriétaire : mesures de compensation ou mesures de remise en état (au sens des dispositions du Code de l'Environnement relatives aux installations classées pour la protection de l'environnement, ou après une décision en réparation par le juge judiciaire).

En effet, de nouvelles mesures de remise en état ou de surveillance peuvent être demandées à l'exploitant des années après la fin de l'exploitation : comment peut-il alors réaliser

des interventions sur un terrain qui ne lui appartient pas ou plus, interventions auxquelles le propriétaire légitime du terrain peut s'opposer dans la pratique et en droit ? L'étude propose des solutions techniques et juridiques de nature à éviter que les problèmes liés à la confrontation des obligations de l'exploitant et des droits du propriétaire se posent.

Enquête sur l'efficacité des instruments de protection du grand hamster d'Alsace

L'objectif de cette étude était de récolter les informations sur la question du statut juridique du grand hamster et l'efficacité des instruments de protection.

Les chercheurs ont étudié la valeur juridique du document-cadre pour la mise en œuvre de la préservation du grand hamster et de son milieu, particulier en Alsace, entre l'État et les président des exécutifs locaux et d'association, le 20 novembre 2008.

Les effets juridiques de ce document ont été étudiés en termes de refus ou d'autorisation de dérogations. Depuis 2008 et jusqu'en août 2011, 7 dérogations ont été accordées pour des projets ayant une incidence sur le milieu particulier du hamster. Il a fallu décrypter ces décisions, et analyser :

- la nature des critères pour refuser ou autoriser le projet,
- les mesures de compensation et si celles-ci semblent adéquates aux différentes parties prenantes (collectivité, aménageurs, associations, scientifiques, le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel ou le Conseil National de la Protection de la Nature),
- si un suivi et un contrôle de l'exécution de ces mesures sont prévues et selon quelles modalités.

Le traitement de cette question a été réalisé en concertation avec les travaux de C. Méchin (LCSE) et ceux du Département Écologie Physiologie et Éthologie de l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien.

Concernant le statut juridique du grand hamster, la survie de l'espèce passe par un temps d'élevage et donc de reproduction via l'homme, voire de production de spécimens. Or le droit opère la distinction entre animaux domestiques appropriés, et animaux sauvages non appropriés, avec une sous distinction entre espèces protégées et espèces non protégées (domestiques et ordinaire).

Ce fait interroge le droit et l'adaptation des catégories juridiques existantes relatives aux animaux. En effet, les espèces sauvages ne relevant pas de l'appropriation, cette reproduction n'aboutit elle pas à une appropriation de l'animal pourtant non domestique ?

Le grand hamster n'a pas de valeur monétaire en lui-même, n'a pas de prix et pourtant sa préservation a un coût (coût de la réintroduction : prix, objet de convention, circulation, commerce juridique distinct du marché). Cette évaluation a-t-elle des répercussions sur son statut juridique ? Faut-il admettre une nouvelle catégorie d'espèce protégée adaptée (obtenue par sélection mais sans modification génétique) ?

Ce questionnement juridique soumis aux différents acteurs pourrait être le point de départ pour une proposition d'un renouvellement de ces classifications afin d'améliorer la préservation de la biodiversité. Cette étude est en ligne sur le site du CDES, depuis juillet 2013.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Contrats de recherche obtenus grâce aux enquêtes financées par le réseau

- Contrat de recherche : «Les perspectives de transposition en droit français des textes communautaires en matière de responsabilité des entreprises». Co-financement Région Alsace. Autres partenaires : CCI de Strasbourg, Union des Industries du Bas-Rhin, Alsace Nature, janvier 2005- septembre 2007.

Contrats obtenus grâce à la communication du réseau REALISE

Mise en contact avec «Voies Navigables de France» (VNF) : contrat de recherche de 2007 à 2009 sur la valorisation des biens environnementaux sur le Rhin et la bande rhénane. Financement de trois thèses : une en économie (Nathalie Dumax), une en droit (Marthe Lucas) et une à l'INSA (Céline Ohresser).

Ce projet nous a permis de collaborer avec l'équipe GESTE de l'ENGEES dans le cadre du réseau REALISE.

Thèse en droit de Marthe Lucas : «La compensation environnementale, la notion juridique et son application», soutenue le 28 novembre 2012. Direction de thèse : M.-P. Camproux Duffrène et J.-M. Staub.

Directeur du LCSE : Pascal Hintermeyer (PU Uds)

Chercheurs impliqués : Agnès Clerc-Renaud, Anthropologue (Mdc Uds), Laurence Granchamp-Florentino, Sociologue (Mdc Uds), Colette Mechin, Ethnologue (CR CNRS)

Directeur du SAGE : Hélène Michel (PU Uds)

Chercheurs impliqués : Vincent Beal (Mdc Uds), Maurice Blanc (PU émérite Uds), Anaïs Collet (Mdc Uds), Bénédicte Gerard (Mdc Uds), Isabelle Hajek (Mdc Uds), Philippe Hamman (PU Uds), Eric Navet (PU Uds), Maurice Wintz (Mdc Uds)

Les résultats scientifiques

Biodiversité et enjeux sociétaux : la situation du hamster commun en Alsace (LCSE)

Entreprise sans soutien autre que celui du réseau REALISE depuis 2007, cette recherche, qui vise à considérer la situation du hamster commun (faune protégée réintroduite dans l'espace agricole) comme un sujet de débat de société autant qu'un problème lié à la physiologie de l'espèce, a trouvé un financement conjoint (lauréat de l'appel à projets « Les champs de la biodiversité » en 2010), financé par l'entreprise LU et la Fondation de la Recherche pour la Biodiversité au Ministère de l'Environnement et du Développement Durable.

Le hamster commun (*Cricetus cricetus* L.) est un rongeur spécifique des plaines d'Alsace. Il a longtemps été considéré comme un nuisible s'en prenant aux récoltes. Son éradication a été encouragée jusque dans les années 80.

La convention de Berne, ratifiée par la France en 1990, a classé cet animal parmi les espèces protégées. Son passage d'animal-détesté à celui d'animal-choyé a été si rapide, qu'il n'est pas toujours accepté par les agriculteurs, principaux acteurs concernés par les mesures de protection mises en œuvre. Or les agriculteurs sont les acteurs essentiels de sa sauvegarde puisque son habitat est fondé sur les terres agricoles de la zone loessique d'Alsace.

La recherche a permis de révéler le rôle majeur du « facteur humain » comme problème/solution à la situation difficile de cette espèce en danger.

Poursuivant le travail mis en œuvre grâce au soutien financier du réseau REALISE (CDD de J. Ribstein en 2009), l'étude proposée s'est attachée à analyser les stratégies adoptées par certains agriculteurs (dont un lycée agricole), face à cette contrainte agro-environnementale particulière à la plaine d'Alsace (enquêtes qualitatives en sciences sociales).



A proximité de Erstein. Photo : Elodie Piquette, 2006

Les travaux scientifiques ont également consisté à mettre en place un indice de biodiversité «oiseaux de grande culture» permettant d'apprécier l'impact de modification du milieu par le changement des pratiques agricoles (comptage de la Ligue de Protection des Oiseaux sur les lieux d'enquête retenus). Les chercheurs ont également évalué l'impact des pratiques agricoles sur la qualité de l'habitat de l'animal, considéré comme «espèce-parapluie», par la définition d'indicateurs (protocole mis au point à l'INRA de Colmar) qui pourront également intégrer les changements de pratiques agricoles et aider au choix des aménagements spécifiques les plus pertinents.

Cette triple démarche, naturaliste, agro-biologique et socio-anthropologique, s'est focalisée sur un petit nombre d'agriculteurs (et un lycée agricole dont la réflexion est ancienne en la matière) qui ont accepté de participer, pendant deux années, à la mise en place d'une étude de type expérimental (vu le nombre de lieux prospectés et la construction d'indicateurs inédits) sur le territoire de leur exploitation. Pour ces travaux, le réseau REALISE a contribué au financement des CDD de X. Gégout et A. Ponzoni (2010-2012).

Nature et forêt – Recherche sur les usages sociaux du bois (CRESS, 2011-2012)

Du point de vue sociologique, cette enquête s'inscrit dans les axes de recherche, menés depuis plusieurs années au sein du Centre de Recherche et d'Etude en Sciences Sociales (CRESS) de l'Université de Strasbourg, sur les rela-

tions entre les acteurs sociaux et la nature. Débutée dans les Vosges du Nord, elle est destinée à s'étendre sur l'ensemble de la région. Elle doit permettre, entre autres, de mieux cerner les liens théoriques entre représentations sociales et pratiques, et, au-delà, d'approcher les modalités de prise de conscience des effets de l'exploitation de la ressource bois sur l'écosystème.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Contrats de recherche obtenus grâce aux enquêtes financées dans le cadre du réseau

- Enquête auprès des acteurs concernés par la protection et la réintroduction du hamster. Lauréat de l'appel à projets « Les champs de la biodiversité » en 2010. Financement conjoint Fond de Recherche pour la Biodiversité (Ministère de l'environnement) – Société LU – Réseau REALISE. Réalisation C. Méchin, J. Ribstein, X. Gégout, A. Ponzoni (2010-2012).
- Co-portage du projet de recherche « PRO-Floodplain », financé par Eranet-CRUE (Programme Européen) sur les méthodes de prévention et de gestion des crues (Université Karlsruhe, BOKU – Vienne, UMB – Strasbourg). (M. Wintz et E. Piquette), 2005-2012.
- Participation au projet INTERREG « Redynamisation du Vieux Rhin » porté par la Région Alsace. Analyse des usages et des perceptions portés par les différents acteurs concernés par le secteur du Vieux-Rhin, que ceux-ci soient organisés (collectivités, entreprises, associations) ou non (activités libres de loisirs, tourisme, promenade). E. Piquette (thèse co-dirigée par E. Navet et M. Wintz), 2009-2012.

Laboratoire Image Ville Environnement (LIVE), UMR 7362 Uds-CNRS

Directeur du laboratoire de 2009 à 2013 : Christiane Weber (DR CNRS)

Directeur du laboratoire depuis 2013 : Dominique Badariotti (PU Uds)

Autres chercheurs impliqués : Sandrine Glatron (CR CNRS), Joël Humbert (PU Uds), Arnaud Piombini (Mdc Uds), Eliane Propeck-Zimmermann (Mdc Uds), Anne Puissant (Mdc Uds), Thierry Rosique (Mdc Uds), Dominique Schwartz (PU Uds), Christiane Weber, DR CNRS

Les résultats scientifiques

Orientations principales

Les orientations de recherche sont centrées sur les relations entre la ville (sa caractérisation démographique, économique, culturelle et politique, son fonctionnement et son évolution) et les éléments naturels qui l'entourent. Ces éléments sont considérés comme une ressource (des terrains libres pour la construction par exemple) ou une contrainte (zone à risque, soit industriel, soit lié à la pollution urbaine), comme des enjeux associés au développement urbain (comme la préservation de la biodiversité ou la fragmentation des paysages), ou des biens naturels ou patrimoniaux.

Ces relations requièrent, pour les comprendre, de les analyser à la fois en terme de fonctionnement et en terme de positionnement vis-à-vis de la société urbaine. Les recherches du laboratoire portent donc tout autant sur des mesures d'observation du terrain (*in situ* ou aéroportées) et d'observation des individus (ponctuel, collectif ou représentatif), à partir d'enquêtes ou de questionnaires.

Les résultats correspondent donc à des avancées dans le domaine de la gestion des risques pour connaître le positionnement de la population, mais aussi le fonctionnement des aléas, afin de fournir des éléments d'aide à la décision et des scénarios prospectifs. Pour aborder le développement

urbain, une meilleure connaissance du bâti, de son évolution ainsi que des modalités de suivi sont nécessaires. Les résultats portent sur l'utilisation de données satellites pour le suivi des espaces urbains.

1) Enquêtes de perception

a) Risques majeurs

Le réseau REALISE a participé au financement d'une enquête par questionnaire (43 questions), au cours des années 2004 et 2005, dans 14 communes de l'agglomération mulhousienne soumises à différents risques, auprès de 491 individus choisis suivant un échantillonnage multi-stratifié (commune d'appartenance, sexe, tranche d'âge et présence diurne-nocturne).

L'objectif était d'éclairer différents aspects des rapports de la population urbaine aux risques majeurs : l'importance des risques majeurs dans les préoccupations des citoyens, la connaissance des risques locaux, des moyens de gestion, des consignes de sécurité à suivre en cas d'événement industriel ou naturel, des modalités de l'information préventive ainsi que les souhaits pour améliorer la sécurité face aux risques majeurs. Une fiche signalétique a permis de vérifier l'influence de variables de second ordre, c'est-à-dire explicatives sur celles de premier ordre que sont la perception et la connaissance des risques.

Les risques collectifs n'apparaissent pas comme une source majeure de préoccupation des Mulhousiens : ce sont les difficultés d'ordre économique et « civiques » qui viennent aux premiers rangs des préoccupations, même si un sujet d'ordre environnemental, la pollution des milieux, est cité en première position. Parmi les questions environnementales, les plus présentes à l'esprit des Mulhousiens sont les nuisances quotidiennes, non les risques majeurs dont l'occurrence est exceptionnelle.

L'analyse statistique des réponses au questionnaire permet de comprendre les facteurs à l'origine des représentations cognitives et de la connaissance des risques. Cependant, ces tris simples et croisés ne nous offrent pas une image globale de la vulnérabilité et des représentations cognitives des individus telle que l'ensemble des questions nous permet de les appréhender. C'est pourquoi, nous avons construit un indice de vulnérabilité, de manière à pouvoir dégager une information synthétique.

b) Pollution atmosphérique

Poursuivant un appel à projet du Programme Interdisciplinaire Développement Urbain Durable (PIDUD) du CNRS, nous nous sommes interrogés sur l'exposition individuelle, les choix de déplacement et de fréquentation des lieux de la ville, les représentations de la pollution at-

mosphérique. Nous avons enquêté auprès de citoyens de la ville de Strasbourg. 60 individus, répartis en deux groupes, l'un asthmatique, l'autre témoin, habitants des quartiers typés (morphologie et caractéristiques sociologiques) ont fait l'objet de mesures de pollution (passives) par l'équipe Physico-Chimie de l'Atmosphère de l'ICPEES et d'enquête de perception menée en parallèle par notre équipe.

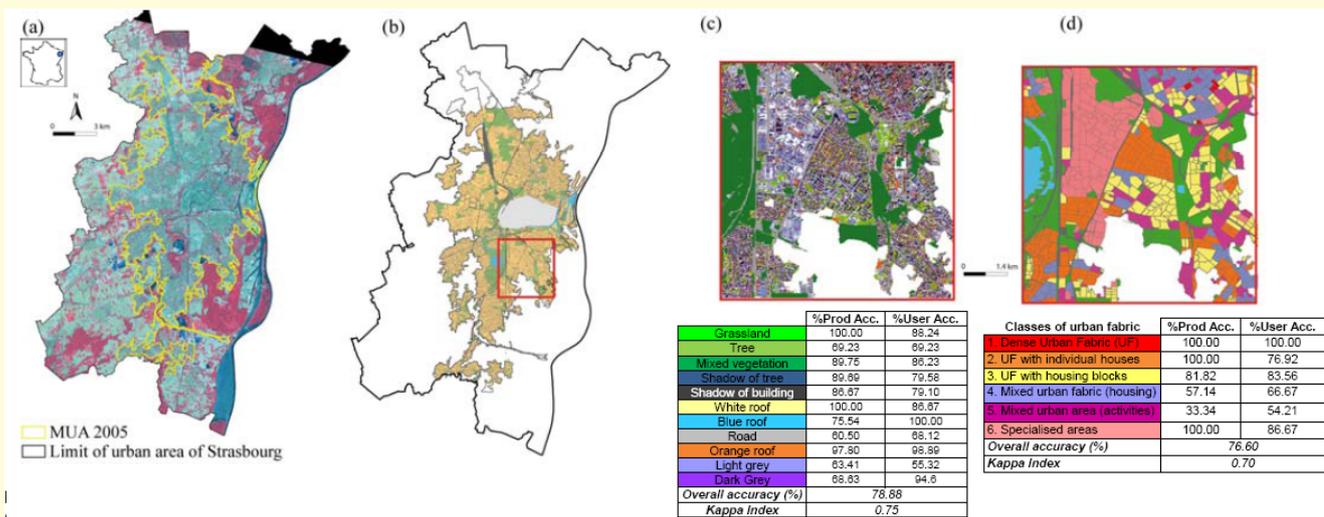
Grâce à une approche largement interdisciplinaire, nous avons mesuré et cartographié la pollution de l'air, exploré les représentations et pratiques des habitants de Strasbourg relativement à la pollution de l'air ainsi que les facteurs sociologiques à l'origine de ces représentations et pratiques. Nous avons également identifié le temps passé à l'intérieur et à l'extérieur (déplacements) dans une journée et le temps passé ou la fréquence de passages dans des zones où la pollution est fortement ressentie et comparé à terme « pollution mesurée » et « pollution effectivement ressentie ». Enfin, nous avons mis en évidence la façon dont le savoir scientifique sur la pollution de l'air est diffusé dans l'espace public strasbourgeois.

2) Caractérisation et suivi des milieux anthropiques et naturels

Dans le cadre des recherches menées au LIVE afin d'améliorer les connaissances sur l'environnement (urbain et naturel), il est important de caractériser les éléments constitutifs de ces environnements à différentes échelles spatiales (caractérisation des formes urbaines, des glissements de terrain). Dans ce contexte, les images satellites à différentes résolutions spatiales constituent une source de données intéressante car elles permettent d'analyser les milieux anthropiques ou naturels depuis le début des années soixante-dix, et l'amélioration croissante de la résolution spatiale des images disponibles permet d'analyser plus précisément les objets géographiques d'intérêt à des échelles spatiales plus fines.

Le logiciel de traitement d'images acquis grâce au réseau REALISE a permis de poursuivre les recherches engagées au sein du LIVE sur différentes thématiques :

- la cartographie des formes urbaines multi-échelle (de la tache urbaine aux objets urbains) – illustration figure 1,
- le suivi de l'étalement urbain et la quantification des changements,
- la cartographie et le suivi de la trame verte urbaine (composante arborée),
- la cartographie et le suivi des glissements de terrains et des ses éléments constitutifs (fissures, ...).



©Puissant et al., 2012

Figure 1 : Résultats sur la zone de Strasbourg :

(a) zone morphologique urbaine (b) classifications des îlots urbains (c) classification des classes d'occupation des sols et des matériaux (d) classification des tissus urbains et évaluation de la précision des classifications

Développement d'une ou plusieurs thématiques

Nouveaux capteurs

Apport de l'imagerie Hyperspectrale (plus de canaux que précédemment et dans un domaine spectral élargi à la caractérisation des éléments bâtis et de végétation, en collaboration avec l'ONERA et l'IGN ; définition des spécifications radiométriques et spatiales. Les moyens de traitement d'image (ecognition) seront utilisés pour avancer dans ce domaine

Numérisation, caractérisation et analyse tridimensionnelle d'objets

L'acquisition du scanner laser terrestre (matériel scientifique à vocation commune, financé par des crédits issus de l'appel à projet 'Préciput ANR' de l'UdS, de plusieurs projets de recherche issus du Laboratoire Image, Ville, Environnement et de l'Institut de Physique du Globe, et du logiciel de traitement associé, financé par le réseau REALISE, a permis de développer de nouvelles compétences dans le traitement des données en 3D.

En effet, l'objectif du scanner laser terrestre est de numériser des objets (métriques à hectométriques) qui se trouvent à longue portée (entre 350 et 1000 m) afin de répondre à des besoins de caractérisation et de suivi (1) de la végétation urbaine, de bâtiment ou d'ouvrages urbains, de canyons urbains pour des études paysagères ou de dispersion des polluants atmosphériques ; (2) de levés géologiques d'affleurement ou de discontinuités; (3) de glissements de terrain ou de stocks sédimentaires dans des organismes torrentiels ou fluviaux.

Les effets induits par l'appartenance du laboratoire au réseau REALISE

Contrat de recherche obtenu grâce aux équipements financés dans le cadre du réseau

Urban sprawl and ecological corridors : consolidation of VHRS remote sensing methods –VALI-URB, BELSPO-STEREO II, 2012-2013. Coordinateur : E. Wolff (ANAGEO-ULB, Bruxelles).

Les équipements acquis dans le cadre des CPERs REALISE depuis 2003

Les financements obtenus au cours des deux CPER 2000-2006 et 2007-2014 ont permis le renouvellement et le développement des moyens analytiques et d'expertises scientifiques des équipes des laboratoires de REALISE, incluant les équipes des Sciences Humaines et Sociales, pour lesquelles le financement des enquêtes est d'une certaine façon l'équivalent du financement des équipements des équipes de sciences exactes.

La plupart des laboratoires a vu leur niveau de compétitivité fortement augmenter grâce à la politique d'acquisition d'équipements du réseau, ce qui a ainsi largement contribué à l'accroissement de la visibilité et de l'attractivité internationale des équipes de REALISE au cours de ces 11 dernières années.

Sans être exhaustif, nous pouvons citer l'exemple de quelques laboratoires qui ont pu développer leurs activités scientifiques suite au renouvellement de leurs équipements :

L'équipe GICE (Géochimie Isotopique et Chimie de l'Environnement) du Centre de Géochimie de la Surface (CGS) devenu Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (LHyGeS), a réussi, grâce aux financements des deux CPERs REALISE, à moderniser ses équipements de géochimie, la conduisant à disposer d'un parc analytique complet en géochimie isotopique et élémentaire, sans lequel le laboratoire n'aurait pas pu se maintenir dans la compétitivité scientifique internationale. Nul doute que sans le réseau REALISE, ce qui était pour Strasbourg au début des années 2000 un véritable challenge analytique et scientifique, n'aurait pas pu être remporté.

REALISE fut aussi le catalyseur des travaux pluridisciplinaires entre physico-chimistes de l'atmosphère, médecins et géographes, sur l'étude et l'évaluation des impacts des pollutions atmosphériques sur la santé humaine. Le financement de deux prototypes automatiques pour le Laboratoire de Physico-Chimie de l'Atmosphère de l'Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé ont permis de mettre au point une méthode d'analyse du formaldéhyde dans l'air intérieur, unique et performante en termes de sensibilité et de précision. Ces travaux innovants ont conduit au dépôt de trois brevets et à la création d'une start-up (In'Air Solutions) récompensée par trois prix dans le domaine de l'innovation.

Parmi les autres exemples illustrant l'importance de la politique d'équipements de REALISE nous pouvons citer l'exemple du groupe de recherche « Energie, Pollution de l'Air et Climat » du Laboratoire Image, Ville, Environnement, constituée en 2008 autour des problématiques de modélisation de la pollution atmosphérique et de la consommation énergétique en milieu urbain. Sans REALISE cette équipe n'aurait pu accéder à l'environnement de travail dont elle a besoin et qui est aujourd'hui équivalent à celui des meilleures équipes internationales de ce domaine scientifique.

Citons également le cas de l'Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé, dont les équipements acquis au cours de ces deux CPERs ont conduit à l'élaboration de nouveaux matériaux composites combinant plusieurs propriétés de surface et trouvant des applications directes et nombreuses concernant la dépollution et l'énergie. Parallèlement, le renforcement, dans ce laboratoire, du parc de spectromètres dédié aux analyses de surface a permis de recruter trois per-

manents pour constituer une équipe de recherche spécialisée dans les analyses de pointe de surface, compétence devenue très rare au niveau national et international.

Enfin, en sciences du vivant, la dotation en équipements de dernières générations de l'équipe Adaptations et Interactions Microbiennes dans l'Environnement du Laboratoire Génétique Moléculaire Génomique Microbiologie a favorisé la mise en place des thématiques de microbiologie de l'environnement à l'Université de Strasbourg par le biais de projets exploratoires et interdisciplinaires dans le domaine de la remédiation et plus particulièrement de la dégradation des polluants organiques halogénés.

Outre les laboratoires, les sites expérimentaux gérés par les équipes de REALISE (bassin versant du Ringelbach, site Observatoire du Strengbach -Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement (OHGE), plate-forme expérimentale SCERES) ont également bénéficié des financements du réseau REALISE, afin de construire un ensemble scientifique cohérent entre l'acquisition de données sur le terrain et les analyses au laboratoire pour mieux comprendre et suivre l'évolution des hydrosystèmes et écosystèmes régionaux sous l'influence des pressions anthropiques et du changement climatique. Ainsi, à côté d'investissements pour l'OHGE, le financement de projets structurants entre plusieurs équipes du réseau, via les PPF puis les Actions Structurantes REALISE, a conduit à un réel renforcement des études pluridisciplinaires sur le site observatoire du Strengbach, site labellisé service national de l'INSU, intégré actuellement à plusieurs réseaux nationaux et internationaux de bassins versants. REALISE a sans conteste contribué à faire de cet observatoire un des sites de référence internationale sur l'étude des transferts hydrogéochimiques à l'échelle des bassins versants.

La politique d'équipement menée de façon coordonnée au niveau régional, ce que permet en final le réseau REALISE dans le domaine de l'environnement, a conduit à une optimisation des investissements en évitant les doublons et en privilégiant la mutualisation des équipements entre équipes. Cela a contribué à l'émergence et au renforcement de synergies entre équipes, indispensables pour aborder les thématiques environnementales par essence complexes. Cela a conduit aussi à la constitution, de fait, de véritables plateformes analytiques opérationnelles et ouvertes à l'ensemble des acteurs du réseau ainsi qu'aux partenaires extérieurs, que ce soit des entreprises locales, des bureaux d'études ou des partenaires scientifiques dans le cadre de contrats.

Spectromètre de masse à thermo-ionisation Triton (2003)



Cet appareil équipé d'un filtre en énergie pour la mesure des hauts rapports isotopiques, d'un comptage d'ions, et permettant l'analyse des ions négatifs a fortement contribué à l'émergence de nouvelles directions de recherche au laboratoire : étude des mécanismes et des constantes de temps des processus d'altération des roches et des transferts sédimentaires par les méthodes des séries radioactives ^{238}U - ^{234}U - ^{230}Th - ^{226}Ra et étude du cycle des éléments dans le système eaux-sols-plantes, par l'analyse des nouveaux isotopes stables (Ca, B, Li). Ces nouvelles orientations scientifiques ont été renforcées grâce à l'acquisition d'une MC-ICP-MS Multicollecteur en 2009.

L'acquisition de cet équipement a été déterminante pour le maintien à Strasbourg d'un laboratoire de géochimie isotopique de niveau international. Il a permis de recruter de nouveaux chercheurs à l'université de Strasbourg (deux Maîtres de Conférences, une Physicienne adjointe et deux ingénieurs de recherche sur ces thématiques au cours de la période 2000-2009), et a favorisé des collaborations avec des équipes de tout premier plan au niveau international.

Construction et modernisation des salles blanches du Laboratoire (2005-2010)



L'analyse des rapports isotopiques par spectrométrie de masses des échantillons naturels nécessite de traiter ces derniers au préalable en salle blanche pour isoler, généralement par chromatographie ionique et par mise en solution par attaque acide, les éléments chimiques à analyser.

Les salles blanches disponibles au laboratoire à la fin des années 90 devenaient incompatibles avec le niveau analytique requis en géochimie isotopique, notamment avec l'acquisition des spectromètres de masse de nouvelles générations. C'est pour cette raison que fut rénové, durant la période 2005-2010, un ensemble de 3 salles de chimie permettant de travailler aujourd'hui avec un niveau de propreté optimal.

Spectromètre ICP-MS quadripolaire (Q-ICP-MS X SERIES II) (2006)



Acquis en remplacement d'un appareil acheté en 1992 et arrivé en fin de vie, cet appareil a permis de compléter la gamme d'analyses, tant au regard de la palette d'éléments analysés que des teneurs détectées.

Outre l'analyse en routine des faibles concentrations en bore, lithium et arsenic (0.05 à 50 ng/g), cet appareil permet l'analyse des faibles teneurs en fer (0.01 à 1 ng/g) des eaux et de l'ensemble des éléments lourds à de très basses teneurs (0,1 à 10 pg/g). Ces analyses sont utilisées pour suivre de nombreux traceurs géochimiques dans différentes matrices mais aussi en précurseur pour les analyses isotopiques. Dans ce cas, elles sont indispensables à la mise au point des protocoles de préparation.

Chromatographie ionique Dionex (réf : ICS 3000 DUAL) (2005)

Elle fut acquise via un cofinancement INSU-CPER REALISE pour remplacer un appareil d'ancienne génération. L'intérêt de ce nouvel équipement est de permettre la détermination simultanée de la concentration des cations (Na, Li, NH₄, Mg, K et Ca) et des anions (F, Cl, NO₃, SO₄, Br, PO₄) en solution, avec un volume d'échantillonnage très faible et une très grande reproductibilité analytique.

Par ailleurs, l'acquisition de cette chromatographie ionique a permis de développer une nouvelle méthode de séparation du calcium des échantillons naturels pour l'analyse de leur composition isotopique, certainement une des plus performante à ce jour (Schmitt et *al.*, 2009), ce qui ouvre de nouvelles perspectives quant aux projets du LHyGeS sur l'utilisation des isotopes du calcium comme traceurs des transferts chimiques dans le système eau-sol-plante.



Spectromètre nucléaire Compteur gamma (2007)

Il permet l'analyse des isotopes de courtes périodes de la série de l'U (²²⁸Ra, ²¹⁰Pb, ²²⁸Th) non analysables par les méthodes de spectrométrie de masse à thermo-ionisation ou ICP. L'analyse de ces isotopes est importante pour la compréhension des phénomènes récents affectant les cycles des éléments dans l'environnement (Rihs et *al.*, 2012) incluant le transfert des polluants.



Spectromètre de masse MC-ICP-MS Neptune (2009)

Ce nouveau spectromètre à plasma ouvre considérablement le champ des possibles pour l'analyse des rapports isotopiques que ce soit en terme de cadences (augmentation du nombre d'échantillons analysés), du seuil analytique (analyse de quantités beaucoup plus faibles dans de nombreux cas) ou de nouveautés isotopiques (analyse de traceurs non analysables avec le spectromètre à thermo-ionisation).

Aujourd'hui à Strasbourg, sont analysés en routine sur cet équipement, les isotopes du Pb, du Nd, de l'U et du Th, ainsi que les nouveaux isotopes (B, Li et récemment Cu et Si).



Spectromètre optique ICP ICAP 6000 (2012)

Il fut acquis via un cofinancement CNRS-CPER REALISE. Les caractéristiques et les performances du nouvel outil nous ont permis d'accroître très fortement le nombre d'analyses sur des volumes limités. Les analyses effectuées sur différentes matrices (eaux, sols, roches, plantes,...) sont essentielles aux différents aspects de nos travaux notamment les traçages géochimiques et biogéochimiques d'éléments majeurs (Ca, Mg, Al, Fe,...) à des concentrations < 1mg/g et > 1 µg/g ou d'éléments mineurs ou traces (Cu, Zn, Sr,...) >1 ng/g.



PPF et Action Structurante (2007 - 2011)

L'équipe de Géochimie Isotopique et Chimie de l'Environnement a bénéficié de plusieurs financements via le PPF puis l'action structurante REALISE de 2007 à 2011. Ces sommes ont servi à accompagner les opérations du CPER (achat de petits matériels pour l'installation des appareils analytiques et l'aménagement des salles de chimie, et de consommables pour les opérations de recherche soutenues par le réseau REALISE). Elles ont également contribué à l'achat d'équipements pour le laboratoire de minéralogie et d'analyse RX (ultracentrifugeuse et métaliseur à pulvérisation cathodique).

Équipements obtenus avec l'appui d'un co-financement REALISE

L'ensemble des opérations d'équipement mené au cours de ces deux CPERs a été systématiquement réalisé en co-financement, excepté l'achat de l'ICP-MS Quadripolaire. Il convient de souligner que le financement apporté par le CPER REALISE a été le déclencheur des sommes allouées par les co-financiers.

L'achat de la chaîne de comptage radioactif gamma a, par contre, presque exclusivement été financé sur fonds propres, le PPF du réseau REALISE a apporté un petit complément.

Mutualisation d'équipements avec d'autres laboratoires du réseau ou externes

Les équipements acquis, via les financements REALISE, ont un niveau de mutualisation différent selon leur nature :

Les gros équipements (TIMS - MC-ICP-MS) sont utilisés essentiellement pour les travaux de recherche de l'équipe GICE. L'acquisition de ces équipements a ouvert de nombreuses collaborations avec des partenaires français ou étrangers, collaborations qui ont contribué au financement de salaires de post-doctorants ou de doctorants (Université de Pennstate, USA - Université de Boulder, USA – Université de Louvain, Belgique- INRA Nancy – Université d'Upsalla, Suède).

Par ailleurs une partie importante de ces travaux de recherche s'appuie sur le site de l'Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement (OHGE) dans le cadre de programmes impliquant d'autres laboratoires membres du réseau REALISE :

- l'IPHC : des projets sur la mobilité des actinides dans l'environnement sont actuellement en discussion,
- le LMB : des projets sur le transfert chimique des éléments est en discussion,
- l'IPGS : des projets sur la caractérisation des circulations dans les bassins versants sont en cours, initiés par le programme REALISE et poursuivi dans le cadre du Labex CRITEX,
- l'ICPEES et le laboratoire de pneumologie des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg : dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire porté par le réseau REALISE autour des problèmes de pollution atmosphérique.

Les autres équipements, notamment ceux dédiés aux analyses géochimiques des eaux (ICP-AES, ICP-MS, Chromatographie) sont fortement mobilisés pour le suivi des eaux du bassin versant du Strengbach (OHGE), et sont également largement ouverts vers l'extérieur, notamment les partenaires régionaux comme le CRITT Matériaux (analyse d'ions en solution) et les autres équipes du réseau REALISE :

- Pour l'équipe TREHA du LHyGeS :
 - mise au point d'une méthode d'analyse pour l'étude de l'altération de cristaux en milieu acide (étude de cinétique de dissolution en fonction du pH de la Lizardite serpentine - D. Daval),
 - étude de l'adsorption des ions sur des argiles d'estuaires en Tunisie (J. Duplay),
 - analyses hydro-chimiques (ICP-AES et ICP-MS) sur des matrices d'eaux et de sols de milieux humides (thèses de E. Mayard et O. Azzam),
 - analyses d'échantillons d'eaux du bassin versant du Ringelbach (anions, cations, alcalinité, pH),
 - analyses chimiques des traces et ultra-traces sur des verres synthétiques et naturels (thèse de G. Aouad).

- Pour l'IPHC : mesure de carbone organique dissous.
- Pour l'TREBS :
 - mesures avec l'ICP-AES (dissolution de smectites par des sidérophores -Thèse de C. Ferret),
 - analyse chimique de solutions de cristaux de calcium.
- Pour le LIVE : analyse des anions dans des échantillons d'eau par chromatographie pour une étude d'impact des végétaux sur les noues (Thèse de S. Koenig).
- Pour le LCPA/ICPEES : analyses des éléments majeurs et des traces dans des poussières et des échantillons d'aérosols (thèse de F. Gueguen).
- Pour le GRE : analyses ICP-MS de traces de vanadium sur des substrats.

**Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (LHyGeS)
UMR 7517 Uds-CNRS
Équipe «Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés»**

Aménagement du Site Contrôlé Expérimental de Recherche pour la Réhabilitation des Eaux et des Sols (SCERES) (de 2003 à 2006)

Objectifs :

- caractérisation de zones sources de pollution de trichloroéthylène (TCE) en zones non saturée et saturée de l'aquifère poreux artificiel de la plateforme expérimentale de recherche SCERES.
- quantification du flux convectif de vapeurs de TCE en zone non saturée et vers l'interface sol/air atmosphérique.

Les déversoirs à pas fins permettent un réglage précis et, lors d'une expérimentation du battement de nappe, une variation prédéfinie des niveaux piézométriques à l'entrée et à la sortie de l'aquifère poreux.

Les capteurs de pression différentielle (précision de 0.5 Pa), reliés à des pointes de mesure en Goretex (surface hydrophobe), permettent la mesure de la variation de pression de l'air du sol lors d'un battement de nappe.



Installation des déversoirs réglables dans les fosses techniques de SCERES

© O. Razakarisoa



Équipement de SCERES en capteurs de pressions différentielles de l'air du sol et de cannes gaz

© O. Razakarisoa

Forage dans le Bassin Versant de Recherche du Ringelbachg (Sultzeren, 68) (2005)



Co-financé par le CPER REALISE en complément d'un projet ECCO/PNRH.

Trois forages-piézomètres réalisés dans le profil d'altération :

- Site Hurlin, aquifère : granite, 0 – 150 m carotté
- Site Heidenkopf 1, aquifère : granite, 0-100 m destructif, 100-150 m carotté
- Site Heidenkopf 2, aquifère : grès, 0-70 m destructif

Action Structurante «BioGeolink» (2011 - 2012)

Le défi scientifique de ce projet est de développer des nouveaux concepts et des approches pour évaluer, interpréter et prédire les processus biogéochimiques aux interfaces eau-microorganismes-minéraux.

Les travaux scientifiques se déclinent de la façon suivante :

- conduite des études expérimentales en milieu naturel et en laboratoire,
- couplage de la caractérisation qualitative et quantitative puis la modélisation des composantes hydrologique, chimique, minéralogique, géochimique (isotopique) et microbiologique du transport de contaminants.

Le réseau REALISE a apporté un soutien au montage du projet. Il est devenu projet IdEx et a été soutenu par le Conseil Scientifique de l'Université de Strasbourg en 2013.

Mutualisation d'équipements avec d'autres laboratoires du réseau

- Plate-forme SCERES : avec l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg (IPGS) pour des tests avec le géoradar et les capteurs de pression pour fluides non miscibles.
- Forages du Bassin Versant du Ringelbach : avec l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg (IPGS) pour des travaux de gravimétrie, de prospections électriques et radar.

Résistivimètre (2005)

Équipement d'imagerie électrique ABEM SAS 4000 pour la mise en oeuvre d'ERT («Electric Resistivity Tomography»). Le réseau REALISE s'est associé au Programme National de Recherche en Hydrologie (PNRH) pour soutenir cet achat. Cette méthode de prospection a été pratiquée sur les bassins versants de La Soutte et du Strengbach pour étudier l'eau contenue dans les sols et les roches.



Radar Géotrade électronique ProEx Ramac (2011)

Ce radar permet d'accepter quatre antennes à la fois, blindées et non blindées. Le géoradar est une méthode de prospection géophysique fondée sur l'analyse de la propagation et de la réflexion des ondes électromagnétiques (EM) hautes fréquences. Il est aujourd'hui largement utilisé pour l'étude de la subsurface, à des profondeurs allant de 2 à 50 m. Les applications du géoradar sont multiples : géologie, génie civil, néotectonique, environnement, hydrogéologie, archéologie.



Centrale d'acquisition NI (32 voies, 50 MHz) (2011)

La plus en pointe actuellement en nombre de voies, fréquence d'acquisition et durée d'acquisition (en «streaming» à pleine forme d'onde). Elle peut de plus être utilisée en continu pour le suivi (monitoring). Cette centrale permet d'imager, en time-lapse, l'évolution des vitesses et atténuation des émissions acoustiques dues à une infiltration de polluant, dans des expériences de laboratoire. Le développement de méthodes de tomographie acoustique pour imager le type de structure «sable/eau/TCE» est en cours, en collaboration avec le LHyGeS.



Gravimètre relatif et portable Scintrex CG5 (2010)



Il s'agit d'un gravimètre portable qui permet de réaliser des mesures de terrain facilement et de façon répétée dans le temps. Sa précision, de l'ordre de quelques microgals, est adaptée à l'étude des variations temporelles de pesanteur liées aux variations de volume d'eau dans le sous-sol. Par exemple, une lame d'eau de 10 cm correspond à un signal de 4 microgals. Cet appareil a déjà été utilisé sur le bassin versant du Strengbach, d'une part pour cartographier les anomalies de pesanteur statiques (liées à la structure du sous-sol - anomalie de Bouguer), et d'autre part pour commencer les études de variations spatio-temporelles du contenu en eau du sous-sol.

Caméra rapide haute résolution (2012)



(1Mpixels, 7500 images/s ; 1 000 000 images/s en résolution réduite)

Cet équipement est utilisé pour l'étude en laboratoire des écoulements multiphasiques en milieux poreux. Il permet de contraindre les modélisations nécessaires pour différentes applications telles que la remédiation des sols pollués et la liquéfaction de sols. Le même type d'équipement avec des performances légèrement moindres est utilisé dans des laboratoires de pointe tel l'équipe Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes de l'École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielle de la Ville Paris, ou l'Université de Berlin.

PPF et Actions Structurantes

Ces actions structurantes ont été indispensables pour faire fonctionner le matériel de terrain et de laboratoire ; en particulier grâce aux accessoires tels que batteries, câbles, stockage, petits matériel de laboratoire (pompe, tubes, connectique, frais de l'atelier de mécanique, électrodes, antennes de transmission, trépied, etc), sans lesquels les gros investissements ne peuvent fonctionner. L'apport des Actions Structurantes REALISE a été également indispensable aux analyses nécessaires à la quantification des taux d'érosion et d'altération, telles que la datation aux isotopes cosmogéniques.

Mutualisation d'équipements avec d'autres laboratoires du réseau

La caméra rapide haute résolution, la centrale d'acquisition et les analyses cosmogéniques sont mutualisées avec le Laboratoire d'Hydrologie et de Géo chimie de Strasbourg (LHyGeS).

Forages sur le versant Nord du bassin versant du Strengbach (2012)

Trois forages de respectivement 120, 50 et 50 mètres ont été réalisés sur le bassin versant du Strengbach, dont le plus long a été carotté. La réalisation de forages est une étape fondamentale car seule une exploration directe peut permettre d'accéder au substratum et aux eaux profondes ainsi qu'à la caractérisation des paramètres physiques et des zones de circulation des eaux. Des diagraphies (mesures à partir de sondes des caractéristiques du forage et de l'encaissant) ont complété ces réalisations.



© M.-C. Pierret



© M.-C. Pierret

Exemple de carottes provenant du forage F6 localisé au sommet Nord du bassin versant du Strengbach

Chambre froide pour le stockage des échantillons de l'OHGE (2008)

Une chambre froide de 9 m² permet de stocker et archiver les solutions (pluies, neige, pluviocessivats, solutions de sol, eaux de sources) échantillonnées par l'Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement sur le site du Bassin Versant du Strengbach.



© M.-C. Pierret

Mutualisation d'équipements avec d'autres laboratoires du réseau

Les forages ont permis une collaboration scientifique avec l'Institut de Physique du Globe (Equipe Géophysique expérimentale) à l'aide d'outils de la géophysique (géoradar, diagraphie, fibre optique) sur deux thématiques :

- étude et caractérisation de la géométrie et de la structure du substratum granitique,
- caractérisation des circulations d'eau et du fonctionnement hydrologique.

Zétamètre-granulomètre ZêtaSizer Nano ZS (2008)



© C. Galindo

L'équipement sert à l'analyse des colloïdes (nanoparticules) en suspension et fournit la mesure de la mobilité électrophorétique (ME) et la distribution en tailles des particules ou agrégats de particules (10nm - 1µm) existants. Cet outil est indispensable à l'étude des populations de tailles des colloïdes dans les eaux naturelles, ainsi que de leurs caractéristiques de surface (détermination du potentiel et des charges de surface dues à la spéciation, à partir de la ME) et du comportement, c'est-à-dire de la dispersion, mobilité ou aggrégation des particules qui en résulte.

Spectromètre de masse (LTQ Orbitrap XL) hybride à ultra haute résolution et à source électrospray (ESI-FTMS) (2011 en co-financement)

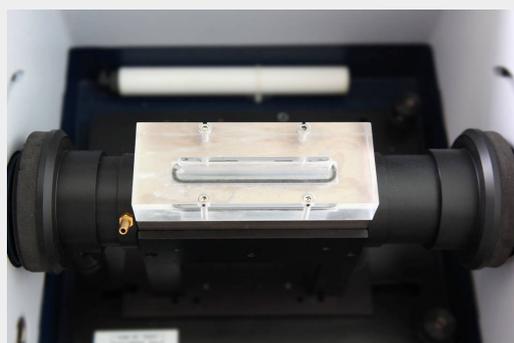


© C. Galindo

Cet appareil sert à l'analyse de solutions. Il est un outil performant et unique pour l'identification des molécules et espèces dissoutes grâce à une ionisation douce des espèces/molécules, sa très haute résolution ($R=100000$ à $m/z=400$), sa grande précision en masse (3ppm), sa haute sensibilité, et la possibilité de réaliser des spectres MSn.

C'est un équipement de pointe pour l'identification (obtention des masses exactes et des formules brutes/développées), par exemple des composés de la matière organique naturelle et des micropolluants organiques et de leurs produits de transformation (molécules pharmaceutiques, pesticides, etc.).

Plaques de cristaux RTA (Action structurante 2009)



© C. Galindo

Les plaques de cristaux RTA (Ge ou ZnSe) sont utilisées pour l'analyse *in-situ*, par spectroscopie IR, de la spéciation aux interfaces colloïde-solution. Les cristaux sont les guides d'ondes sur lesquels on dépose les colloïdes mis au contact de la solution ; les spectres IR obtenus donnant les fréquences de vibration des liaisons chimiques à l'interface. La procédure confère à la spectroscopie IR une grande sensibilité vis-à-vis des espèces adsorbées et permet l'identification *in situ* des espèces formées à l'interface lors de l'adsorption de métaux / ligands en traces.

Contribution à l'aménagement du laboratoire du spectromètre LTQ Orbitrap XL (2011)

- Installation d'une pompe à chaleur air/air
- Achat et installation d'un onduleur
- Travaux d'électricité

Actions Structurantes 2009-2013

- Système Purelab option Q-25 : système de production d'eau ultrapure pour expériences en laboratoire et analyses
- Hotte aspirante pour le laboratoire du spectromètre LTQ Orbitrap XL

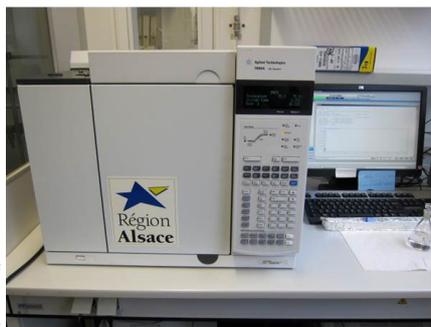
Mutualisation d'équipements avec d'autres laboratoires du réseau

• **Zétamètre Nano ZS** : Dans le cadre de l'étude du cycle de vie et des transferts en milieux poreux de nanoparticules d'oxyde de titane (TiO_2) manufacturées, une collaboration entre des membres du LHyGeS (V. Adam (Doctorante), Ph. Ackerer, S.Lawniczak, F. Lehmann, G. Quaranta, I. Toloni (Doctorant)) et de l'IPHC (M. Del Nero, C. Galindo) a démarré en 2013 sur la caractérisation de suspension de nanoparticules. Cette caractérisation concerne essentiellement la vitesse d'agrégation, le potentiel zêta et la distribution de la taille des agrégats en fonction du pH, de la force ionique de la solution et/ou de matière organique ajoutée à la solution.

• **Spectromètre de masse LTQ Orbitrap** : il est utilisé dans le cadre du projet «Micropol» entre l'équipe «Adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement» du laboratoire Génétique Moléculaire Génomique et Microbiologie (S. Vuilleumier), l'équipe «Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés» du Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (G. Imfeld) et l'équipe de Radiochimie de l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (C. Galindo, O. Courson, M. Del Nero), pour l'identification de produits de transformation de micropolluants organiques dans l'environnement.

Les deux appareils, ainsi que la spectroscopie ITRF-RTA nécessitant les plaques de cristaux RTA, sont utilisés dans la collaboration de recherche sur l'étude des interactions minéral-bioligands (-bactéries) et de leur rôle dans le devenir de micropolluants métalliques dans les sols, qui a été mise en place entre l'équipe de Radiochimie de l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (S. Georg, C. Galindo et M. Del Nero) et l'équipe «Transports membranaires bactériens» de l'Institut de Recherche de l'École de Biotechnologie de Strasbourg (V. Geoffroy).

Chromatographie en phase gazeuse (2009)



© P. Adam

Le développement des thématiques menées dans le cadre de REALISE par l'équipe de Biogéochimie Moléculaire nécessite un recours accru aux techniques de chromatographie gazeuse (GC) et de chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse, qui permettent d'analyser, avec une grande sensibilité, les mélanges complexes de lipides spécifiques d'origines diverses (tels que, par exemple, des hydrocarbures, alcools et acides linéaires, ainsi que des di- et triterpénoïdes,...) dans les sols et les sédiments ainsi que les mélanges complexes de lipides extraits d'organismes divers (plantes, bactéries, ...).

Spectromètre de masse ESI Quad Agilent Technologies 6120 (source ESI) (2009)



© P. Adam

Source APCI

Ce spectromètre de masse en mode electrospray, outil analytique complémentaire à la plateforme physico-biochimique de l'équipe, permet, grâce à une source electrospray ESI (mode d'ionisation douce), de caractériser, dans des conditions non destructrices, des complexes métalliques formés avec des chélateurs d'intérêt (nature, stœchiométrie, interférents,...) dans la thématique de recherche menée au sein du réseau REALISE. Il permet ainsi d'obtenir une image qualitative fidèle du nombre d'espèces et de leur structure en solution. Les interactions métal-chélateur peuvent, en outre, être quantifiées grâce à des techniques CID (Collision Induced Dissociation).

Source APCI (Atmosphere Pressure Chemical Ionization) (2011)

En complément de la source ESI équipant initialement le spectromètre de masse MS-ESI Quad pour le développement des thématiques développée dans une autre équipe du réseau REALISE (Laboratoire de Chimie Moléculaire, UMR 7509, équipe Chimie Médicinale et Bioorganique), et afin de pouvoir utiliser cet équipement pour les thématiques développées dans l'équipe de Biogéochimie Moléculaire. Cette source permet d'utiliser le spectromètre de masse pour l'étude des lipides polaires et/ou de haut poids moléculaire qui ne peuvent pas être étudiés directement par les techniques de chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse et pour lesquels l'ionisation par electrospray n'est pas adaptée. Il s'agit, notamment, des tétraéthers de diglycérol d'archées ou de bactéries, des caroténoïdes, des biohopanoïdes et des lipides membranaires polaires intacts. Ces composés sont susceptibles, notamment, de fournir des informations utiles sur des aspects tels que la nature des assemblages microbiens en milieux naturels.

• **Spectromètre de masse ESI Quad Agilent Technologies 6120 (source ESI)**

Cet instrument est mutualisé entre l'équipe de Biogéochimie Moléculaire de l'Institut de Chimie de Strasbourg et l'équipe de Chimie Médicinale et Bioorganique du laboratoire de Chimie Moléculaire. L'acquisition d'une source APCI (Atmosphere Pressure Chemical Ionization) a permis d'adapter l'équipement aux activités de recherche de l'équipe de Biogéochimie Moléculaire.

**Laboratoire de Chimie Moléculaire
UMR 7509 Uds-CNRS**

Equipe de Chimie Médicinale et Bioorganique

Spectrophotomètre d'absorption UV-Visible-Proche Infra Rouge AGILENT CARY 5000 (2012)

Ce spectrophotomètre d'absorption UV-visible-PIR (175-3300 nm) est essentiellement destiné à la caractérisation, à la quantification et à la dynamique de formation/dissociation de complexes métalliques (Fe, Cu, Zn, Ni, Cd, Pb, Mn) formés avec des chélateurs d'intérêt (sidérophores, phytosidérophores, acides phytoorganiques,...). La reconnaissance de métallo-sidérophores par les récepteurs membranaires de rhizo- et phyto-bactéries ainsi que les interactions complexes ferriques/oxydo-réductases FRO2 de plantes sont également mesurées avec cet instrument.

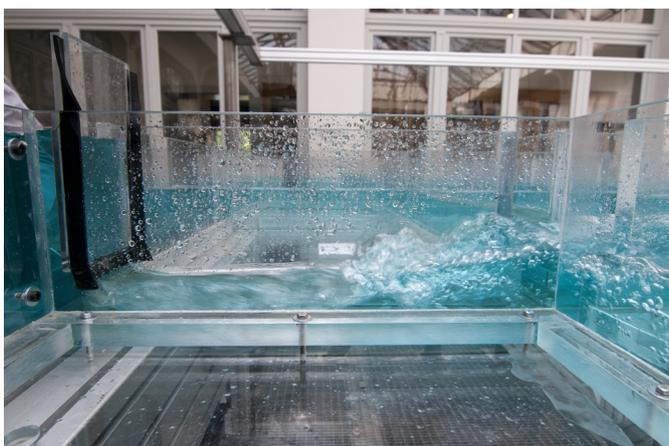


© M. Elhabiri

Réalisation d'un pilote expérimentale « inondation en ville » sur le site de l'IMFS à Strasbourg (2009-2010)



Ce pilote est une maquette d'une taille de 5 mètres sur 5 mètres, représentant un quartier composé de 14 rues, chacune alimentée par une pompe individuelle. Cette plateforme expérimentale permet de reproduire en laboratoire la propagation d'une crue à travers un quartier virtuel. La géométrie choisie ne correspond pas à un quartier existant, mais représente un quartier européen moyen. Ce pilote permet de tester divers type de régimes permanents et transitoires.



© CNRS

Matériel informatique (de 2008 à 2013)

- Un serveur de calcul (Machine « Sarthe », 8 cœurs), installé au LIVE pour mettre en réseau l’équipe EPAC et faciliter l’accès aux ressources communes,
- Trois serveurs de calculs (3 X12 cœurs), installés au méso-centre de calcul de l’Université de Strasbourg,
- Un serveur de calcul (Machine « Bretagne », 16 cœurs), installé au LIVE pour accueillir les données du projet OPERA sur l’optimisation des stratégies de réduction de la pollution de l’air. Cofinancement : projet européen Life+ OPERA,
- Quatre serveurs de calculs (4 X12 cœurs), installés au méso-centre de calcul de l’Université de Strasbourg. Cofinancement : projet européen Life+ OPERA,
- Neuf Stations de Calcul pour chacun des 8 membres de l’équipe (4 permanents, 3 doctorants, 1 post-doctorant et 1 ingénieur),
- Disques de stockage (Equivalent 11To), installés au méso-centre de calcul de l’Université de Strasbourg. Cofinancement : projet européen Life+ OPERA,
- Baie de disque (2To), installée au LIVE. Cofinancement : projet européen Life + OPERA,

Utilisation des équipements acquis

L’acquisition de ces équipements a accéléré la mise en place de projets sur plusieurs thématiques de recherche, portant à la fois sur les émissions de polluants, les dépenses énergétiques des bâtiments, la chimie atmosphérique globale, et la pollution de l’air à l’échelle régionale. Les développements des outils de modélisation sont effectués en interne au LIVE sur les stations de calcul. Une station de calcul sert d’interface aux autres machines utilisateurs et favorise les échanges entre les chercheurs. Les serveurs de calcul ont été installés au Méso-Centre de calcul pour assurer une longévité au matériel acheté et une maintenance continue. Ils permettent de faire des simulations de longues durées (plusieurs années), des études de scénarios et des études d’incertitudes (lancement de plusieurs simulations en même temps sur une période donnée- souvent année – Il faut environ 3 jours pour simuler 1 an sur un nœud de 12 processeurs). Les espaces de stockage du Méso-Centre de calcul au LIVE permettent de recueillir les données simulées et les traitements effectués sur ces données. Les ordinateurs portables permettent d’avoir accès, de tous lieux dans le monde, aux simulations en cours (utilisation du VPN de l’UdS sous Linux).

Mutualisation d’équipements avec d’autres laboratoires du réseau ou externes

Les équipements acquis sont régulièrement utilisés dans le cadre de projets collaboratifs avec des laboratoires nationaux (Université de Lille), européens (CIEMAT, Madrid) et extra-européen (Université d’Oran). Des espaces ont été créés de manière à pouvoir travailler à distance. Localement, les équipements sont principalement utilisés au LIVE, et par un chercheur de l’Institut de Chimie et Procédés pour l’Energie, l’Environnement et la Santé -équipe Physico-Chimie de l’Atmosphère, associé au LIVE.

Equipements obtenus avec l’appui d’un co-financement REALISE

- Serveurs de calcul (cofinancé via le PPA Uds et le projet européen Life+ OPERA)
- PC de bureaux (apport du Projet PRIMEQUAL ADEME MERMAID)

Instrumentation d'une chambre réactionnelle (2006)



Une chambre réactionnelle a été instrumentée au moyen d'analyseurs de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote et d'ozone qui permettent de suivre les concentrations en temps réel. Tous les moyens analytiques acquis par la suite peuvent être également couplés à cette chambre réactionnelle qui permet notamment de générer des mélanges représentatifs des concentrations rencontrées dans l'air ambiant.



Analyseurs de CO, NO_x et O₃ à gauche couplés à une chambre réactionnelle à droite

Prototypage pour analyse en temps réel du formaldéhyde dans l'air (de 2007 à 2010)

Une méthode analytique du formaldéhyde en temps quasi-réel a été développée entre 2007 et 2010. Les recherches menées ont permis de réaliser deux prototypes finaux (en 2010) de l'analyseur de formaldéhyde qui sont entièrement automatisés et pilotés via un logiciel conçu sous Windows. Ces analyseurs permettent de mesurer en continu les concentrations de formaldéhyde dans l'air afin de mettre en évidence des pics de pollution, de spatialiser les concentrations et donc d'identifier une source d'émission, de mesurer les taux d'émission des matériaux en formaldéhyde par couplage avec une cellule d'émission.



Le prototype placé dans une salle de classe



Le prototype de deuxième génération transportable (env. 8 kg) breveté

Validation de l'analyseur de formaldéhyde (2011)

Une fois les prototypes de l'analyseur de formaldéhyde réalisés, il s'agissait de vérifier que cette méthode analytique était réellement spécifique au formaldéhyde et n'avait pas d'interférence liée à la présence d'autres Composés Organiques Volatils (COVs) dans l'air. Aussi, l'acquisition de moyens de génération de mélanges gazeux complexes et l'achat d'un GC/FID couplé à un thermodésorbteur a permis de vérifier l'absence d'interférences liées à la présence de nombreux COVs.



GC/FID couplé à un thermodésorbteur pour l'analyse de Composés Organiques Volatils

Compléments d'équipements nécessaires à l'étude de pesticides (2005)

Chromatographie en phase gazeuse couplée à deux détecteurs à capture d'électrons (analyse de pesticides chlorés et de polychlorobiphényles).



GC/ECD



GC/MS

Chromatographie LC-MS/MS (2010)

Analyse de pesticides polaires et de leurs métabolites dans diverses matrices (eaux, sols, air)



Actions Structurantes 2009-2013

L'achat de **régulateurs de débit massique** nous a permis de réaliser plusieurs bancs de dilution pour la génération de mélanges gazeux complexes. Ceci nous permet de travailler dans des conditions parfaitement contrôlées et d'étalonner nos appareils de mesures avec des mélanges à différentes concentrations.

Banc de dilution pour la génération de mélanges gazeux complexes contenant différents COVs



Mutualisation d'équipements avec d'autres laboratoires du réseau

Les moyens de prélèvement et d'analyse des COVs sont ouverts aux autres équipes de REALISE, et en particulier au LIVE qui travaille sur des thématiques proches avec une approche complémentaire qu'est la modélisation.

Le GC-ECD ainsi que le LC-MS/MS sont également utilisés par l'équipe «Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés» du Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (Équipe LHyGeS/TREHA).

Spectromètre XPS Escalab 2000 (2004)



Il s'agit d'une technique très fine permettant d'avoir accès à la composition chimique de tous types de matériaux solides sur une profondeur d'environ 10 nanomètres. Elle permet également de déterminer le degré d'oxydation, et surtout l'environnement de ces atomes et la nature de leurs liaisons chimiques avec leurs plus proches voisins.

Infra-rouge couplé à un CG-MS petites masses (2009)



L'ensemble permet de connaître plus précisément les mécanismes des réactions catalytiques. On observe en infrarouge les liaisons temporaires mises en jeu entre les réactifs gazeux et le catalyseur dans une chambre de réaction munie de vitres spéciales. Ensuite, les gaz produits sont acheminés vers les micro-colonnes de la chromatographie pour être séparés. Enfin, le spectromètre de masse identifie les composés. L'analyse se fait en continu et *in-situ*. Ensuite, spectre IR, chromatogramme et spectre de masse sont corrélés pour en déduire le mécanisme réactionnel.

Spectromètre UV Vis (2011)



Le spectromètre UV-Vis (Perkin Elmer Lambda 950) permet de suivre, en fonction de la température, les transferts d'électrons entre les espèces adsorbées et l'adsorbat. Cette acquisition est très innovante par le fait que nous avons introduit dans le cahier des charges des demandes très spécifiques liées à nos besoins en catalyse hétérogène. Cet appareil va être couplé à court terme à un « bâti » spécial acheté dans le cadre d'une ANR visant la valorisation de l'énergie décarbonée.

Système automatique d'analyse isotherme adsorption-désorption (2012)

Cet appareil nous a permis de compléter notre « plate forme » de mesure de surface spécifique qui jusqu'alors était incomplète dans le sens où nous n'avions pas accès aux mesures des micropores (tailles de pores inférieurs à 2 nanomètres). Cela va donc nous permettre de pouvoir couvrir toute une gamme de mesure de surface. Cette plate forme est mise à disposition des laboratoires du campus de Cronenbourg et nous travaillons fréquemment avec la société Nipson Technology de Belfort (Toner d'imprimantes).



Mutualisation d'équipements avec d'autres laboratoires du réseau ou externes

- Le Spectromètre XPS fait partie de la plate-forme XPS dédiée aux expériences de caractérisation « classiques ».
- Le Système analyse isotherme adsorption-désorption est intégré dans la plate-forme dédiée aux mesures de surface spécifique et de la porosité des matériaux synthétisés au laboratoire et dans d'autres structures externes : l'ICS, l'IPCMS, et des sociétés industrielles : la société SICAT (Strasbourg/Allemagne), la société Nipson Technology (Belfort), le CRITT AERIAL (Illkirch). Jusqu'à présent, seuls les matériaux « mésoporeux » pouvaient être caractérisés. A présent, avec cet appareil, toute la gamme des matériaux poreux peut être couverte.

Ces appareils permettent également au laboratoire de réaliser des études d'optimisation sur des matériaux synthétisés lors des collaborations bilatérales avec d'autres partenaires industriels qui ne peuvent être cités pour des raisons de confidentialité.

Equipements obtenus avec l'appui d'un co-financement REALISE

- Développement d'une plate-forme d'analyse de surface (3 spectromètres) : les financements autres que ceux de REALISE sur cette plateforme sont les suivants :
 - acquisition d'un spectromètre de masse pour des mesures *in situ* d'XPS,
 - amélioration du système de chauffage-refroidissement du manipulateur de l'échantillon,
 - installation de systèmes de pompe différentiel.
- Développement de la plateforme mesure de surface (2 appareils).
L'appareil acquis en 2012 (ASAP 2420) grâce à REALISE a permis de pouvoir calculer la surface spécifiques d'un large panel de matériaux, allant des microporeux aux macroporeux en passant par les mésoporeux. Un premier appareil avait été au préalable acheté sur fonds propres (programme européen ELCAT) en 2006.

Scanner de Radioactivité (2005)



L'Institut de Biologie Moléculaire des Plantes s'est équipé d'un scanner de radioactivité pour l'analyse enzymatique de plantes exposées à des polluants atmosphériques. Cet appareil permet de détecter et de positionner très précisément, après séparation par chromatographie en couche mince, des composés produits à partir de substrats radioactifs lors de réactions chimiques ou enzymatiques.

Le laboratoire situé à L'Institut de Biologie Moléculaire des Plantes est impliqué dans l'étude de la biosynthèse de la cutine. La cutine fait partie de la cuticule qui est l'enveloppe protectrice des plantes. La possibilité de pouvoir manipuler la cutine, principalement constituée d'acides gras oxydés, ouvre des perspectives intéressantes d'un point de vue agronomique par exemple. Ceci passe obligatoirement par une caractérisation biochimique des enzymes impliquées dans sa biosynthèse. Nous avons isolé plusieurs de ces enzymes qui appartiennent à la famille des cytochromes P450. Une partie de cette caractérisation consiste à étudier leurs capacités catalytiques ainsi que leur spécificité de substrat. Pour ceci, nous étudions le métabolisme d'acides gras radioactifs par ces enzymes. Ceci se fait en incubant ces acides gras avec les enzymes puis le milieu d'incubation est déposé sur une plaque de chromatographie. Cette dernière est ensuite scannée pour détecter la formation éventuelle de métabolites radioactifs oxydés à partir de ces acides gras.

Laboratoire Gestion des Risques et Environnement (GRE), EA 2334 - UHA

Développement de bancs de tests catalytiques et de moyens de caractérisation des polluants (2003 et 2006)



Banc de test catalytique

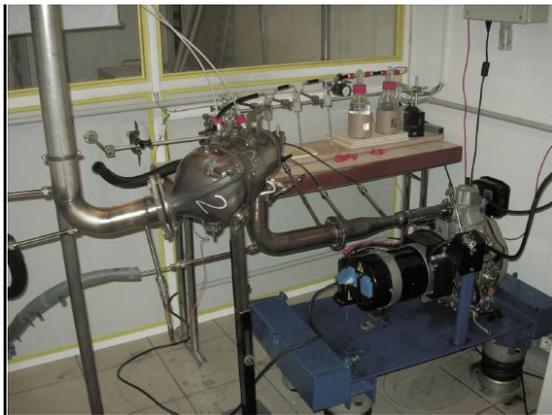
Ces bancs de tests catalytiques permettent d'effectuer des études fondamentales sur la réactivité de solides. Il s'agit d'étudier des réactions hétérogènes, qu'elles soient catalysées ou non. Les études paramétriques menées avec ces équipements permettent de proposer des mécanismes cinétiques et d'extraire des paramètres cinétiques. Les bancs de tests sont constitués d'une part, de dispositifs de type «lit fixe» traversé avec la chaîne d'analyse des gaz en ligne (acquis en 2003) et d'autre part d'un GC-MS pour une analyse en différée à partir d'échantillons prélevés dans des cartouches (acquis en 2006).



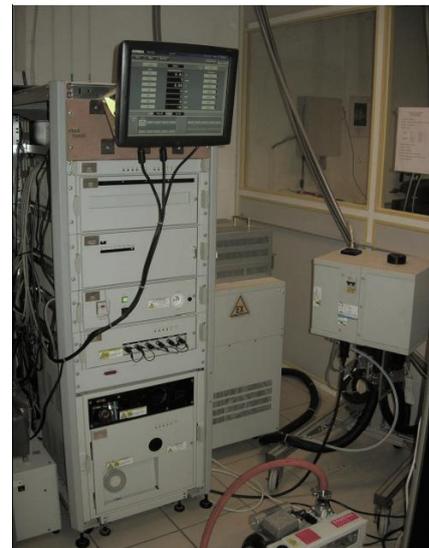
GC-MS

Développement d'un système de génération et caractérisation de polluants gazeux et particulaires issus de combustion de biocarburants (moteur monocylindre Diesel) (2009)

Ce banc expérimental permet d'étudier la combustion de biocarburants et de qualifier et quantifier les polluants émis, qu'ils soient sous forme gaz (CO_2 , CO , NO , NO_2 , SO_2 , etc.) ou particulaires (particules fines PM_{10} et ultra-fines $\text{PM}_{2.5}$). Il est équipé d'un générateur de polluants (groupe électrogène Diesel monocylindre) et des utilités associées, ainsi que d'une chaîne de mesures des polluants. Les polluants particulaires sont caractérisés par un ELPI (financé hors CPER).



Groupe électrogène diesel monocylindre



Baie d'analyse des gaz (HORIBA)

Développement d'une plateforme pour la caractérisation de la valorisation énergétique de biomasses (2013)

Cette plateforme comporte un ensemble d'équipements pour la caractérisation de différentes ressources combustibles (d'origine fossile, biomasses, co-produits de l'industrie, etc.) en vue de leur valorisation énergétique. Un dispositif de type thermobalance permet d'étudier ces réactions en utilisant une très faible masse d'échantillon (environ 10 mg) et un dispositif de type «lit traversé» des échantillons de l'ordre de quelques centaines de mg jusqu'à 1g. Des dispositifs pour la mesure de la surface spécifique des échantillons (BET) et la caractérisation de la composition des cendres (absorption atomique) complètent ces équipements.



Thermobalance



Mesure de la surface spécifique

Phytotron (2006)



Cette chambre de croissance permet la culture de plantes et l'étude d'associations plantes-microorganismes en conditions contrôlées de lumière (intensité, périodicité), de température (chauffage et refroidissement) et d'humidité, grâce à un module de contrôle informatisé.

Equipements de génomique (2006)

Le spotteur de puces ADN et son scanner dédié, le repiqueur de colonies et le robot de pipettage constituent un ensemble d'équipements dédiés à la génomique microbienne environnementale. Ils servent à l'analyse microbienne globale par biologie moléculaire, au niveau de l'ADN, de souches microbiennes isolées et de populations microbiennes, cultivables ou non, au sein d'environnements d'intérêt.



Spotter de puces ADN



Scanner dédié



Repiqueur de colonies



Robot de pipettage

Chromatographie en phase gazeuse (2006)



Cet équipement sert à l'analyse quantitative des composés chimiques volatils. Il permet le suivi des méthanes chlorés (chlorométhane, dichlorométhane, tetrachlorométhane) dont la dégradation par les bactéries est étudiée par l'équipe.

Macroscopie (accessoire imagerie microscopique) (2006)

Un macroscopie est un photomicroscopie spécialisé, adapté à la photographie en lumière réfléchiée en haute résolution aux faibles rapports d'agrandissement, de 1 à 20 fois environ. Le matériel acquis a été conçu spécialement pour visualiser des cellules vivantes, des objets en mouvement et des spécimens fluorescents ou des particules sensibles au bleaching. Sa grande sensibilité assure des résultats fiables en microscopie en fluorescence, spécialement pour les applications à faible niveau de lumière.



Hotte à flux laminaire (2006)

Ce poste de sécurité microbiologique équipé d'un ventilateur permet de protéger le manipulateur et l'environnement, et est utilisé en routine par l'équipe dans tous ses projets lorsque des conditions stériles sont requises.



Électrophorèse capillaire D-HPLC (2008)

Cet équipement permet la séparation par électrophorèse à haute-résolution et haute sensibilité, de fragments d'ADN amplifiés à partir d'ADN environnemental, sur la base de leur taille. Les profils de fragments qui peuvent être générés servent à la caractérisation de la diversité microbienne en milieu anthropisé. Une autre application de cet équipement consiste en la séparation et la purification préparatives de fragments d'acides nucléiques d'intérêt.



Participation à l'acquisition d'un FACS (fluorescence-assisted cell sorting) (2012)

La cytométrie en flux pour le tri cellulaire représente une approche de choix pour l'isolement et la sélection de cellules bactériennes d'intérêt à partir d'échantillons hétérogènes (de sol ou d'eaux usées, par exemple) en vue de l'analyse plus détaillée des cellules triées, par exemple par biologie moléculaire. Elle permet également le comptage efficace de populations différentes (bactéries vivantes ou mortes par exemple) Cette technique est cruciale en microbiologie, la grande majorité des micro-organismes de l'environnement n'étant pas cultivable au laboratoire.



Autres petits équipements financés par les PPF et Actions Structurantes

Les PPF et les actions structurantes ont permis l'acquisition par l'équipe de matériel de chromatographie, de pièces de verrerie à façon pour la culture bactérienne, du matériel de filtration pour la concentration de microorganismes aquatiques, et des opérations de jouvence sur les équipements utilisés dans le cadre des projets auxquels l'équipe a participé (remplacement de lampe sur un détecteur UV par exemple).

Mutualisation d'équipements avec d'autres laboratoires du réseau

Microscope optique à fluorescence LEICA DM 4000B (2004)



Il permet d'observer les bactéries à l'état frais (vivantes) ou colorées (GRAM). L'utilisation de colorants spéciaux (kit Life-Dead) permet d'estimer le nombre de bactéries vivantes et actives dans une population bactérienne. Il est également utilisé pour le suivi de bactéries « biorapporteur » fluorescentes, et pour l'identification et le suivi de bactéries dans des échantillons environnementaux par la technique dite de FISH (fluorescence *in situ* hybridation, soit l'hybridation *in situ* de séquences ADN marquées par un fluorophore).

Ce matériel a permis de développer la thématique interdisciplinaire chimie-microbiologie portant sur l'étude des activités antibactérienne du TiO_2 .

Cet appareil est mutualisé entre les deux équipes du GMGM : équipe «Adaptation et interactions microbiennes dans l'environnement» et l'équipe «Ecophysiologie moléculaire des micro-organismes».

Ce microscope a aidé à renforcer la collaboration entre les laboratoires Génétique Moléculaire Génomique et Microbiologie (GMGM) et l'équipe de photocatalyse de l'Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé (ICPEES), notamment pour la thèse de Sébastien Josset, soutenue en 2008 (Décontamination photocatalytique d'un bioaérosol contaminé par *Legionella pneumophila* et autres agents biologiques. Contribution à la conception de dispositifs de décontamination de l'air.), et le brevet qui a conduit à la création de la start-up Biowind.

Phytotron (2011)

Cet incubateur permet la croissance des plantes dans des conditions contrôlées. Dans un travail de thèse portant sur la dépollution des sols contaminés par des métaux via les sidérophores, il a aidé à établir des avancées scientifiques concernant la bioremédiation.



Système chromatographique HPLC (2012)

Il permet de purifier différentes molécules telles que les sidérophores ou les complexants de métaux. La pureté HPLC des échantillons est indispensable pour les analyses physico-chimiques permettant de déterminer les constantes d'affinité des métaux vis-à-vis de ces complexants, mais aussi de faire des mesures de fluorimétrie dont l'équipe est experte dans le domaine des sidérophores. Cet équipement a permis de développer différents projets.



Autres petits équipements financés par les PPF et Actions Structurantes

- Une pompe à vide puissante, acquise en 2010, connectée à un évaporateur rotatif, a permis d'améliorer considérablement l'évaporation des produits, principalement aqueux, issu des milieux de culture bactériologiques et difficiles à concentrer.
- Trois agitateurs multipostes à commande directe, acquis en 2010, pour équiper le phytotron afin de permettre l'homogénéisation des solutions dans lesquelles les plantes sont cultivées en condition d'hydroponie (en milieu liquide).

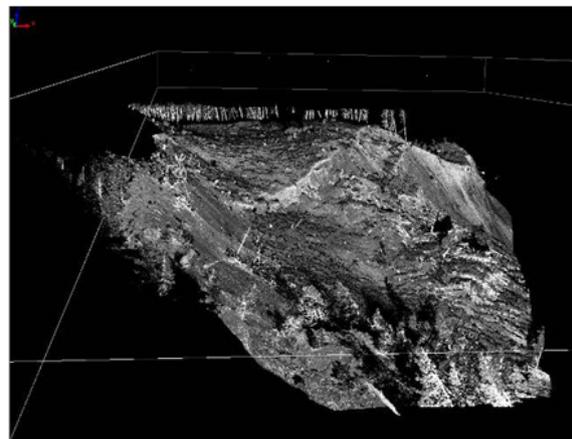
Mutualisation d'équipements avec d'autres laboratoires du réseau ou externes

- Le phytotron a été mutualisé avec le «Laboratoire Vigne Biotechnologie et Environnement» (LVBE) de l'Université de Haute Alsace (Colmar) pour la culture de plants de tomates exposées à différents métaux en présence ou non de sidérophores. Avant l'acquisition de cet appareil, les expériences étaient contraintes par la disponibilité des phytotrons présents au CRITT Rittmo à Colmar et ne permettaient pas une aussi grande surveillance compte tenu des trajets Colmar-Strasbourg.
- L'HPLC a été mutualisé avec l'équipe «Chimie Bioorganique et Medicinale» du Laboratoire de Chimie Moléculaire, dans le cadre d'une action structurante en 2012 « Processus de mobilisation et de transfert sols-plantes de métaux : nouveaux outils moléculaires, enzymatiques et physico-biochimiques pour une meilleure compréhension de la phytoremédiation bioaugmentée ». Récemment, la possibilité d'obtenir une pureté HPLC des sidérophores a été nécessaire pour la caractérisation, par des techniques analytiques *in situ*, des interactions aux interfaces smectite-solution-sidérophores, en collaboration avec l'équipe «Radiochimie» du Département de Recherches Subatomiques de l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien.

Logiciel de traitement de nuages de points (Polyworks) (2009)

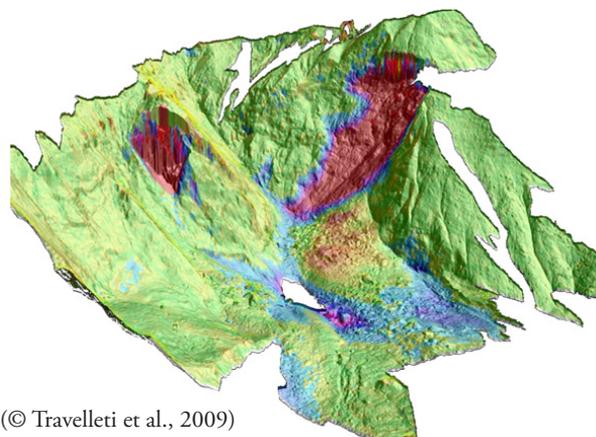
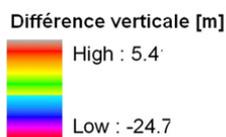
Ce logiciel spécifique de traitement du signal laser et de visualisation 3D des données topographiques (Polyworks) permet de traiter et d'analyser les données acquises par le scanner laser 3D terrestre à longue portée (ILRIS-3D, Optech), acquis au sein de l'Université de Strasbourg dans le cadre de la mise en place d'une plateforme collective de caractérisation et de modélisation tridimensionnelle d'objets et de processus environnementaux, géologiques et urbains.

Le scanner laser terrestre sert à numériser des objets (métriques à hectométriques) qui se trouvent à longue portée (entre 350 et 1000 m) afin de répondre à des besoins de caractérisation et de suivi (1) de la végétation urbaine, de bâtiment ou d'ouvrages urbains, de canyons urbains pour des études paysagères ou de dispersion des polluants atmosphériques ; (2) de levés géologiques d'affleurement ou de discontinuités ; (3) de glissements de terrain ou de stocks sédimentaires dans des organismes torrentiels ou fluviaux.



© Malet & Travellerli, IPGs

Campagne de mesure sur l'escarpement du glissement de La Valette (Barcelonnette) en mai 2009. L'escarpement connaît une évolution importante avec le développement d'un champ de fissures et d'une faille décrochante. Un suivi régulier (tous les 2 mois environ) est effectué pour définir le champ de déplacement, estimer les volumes mobilisés, et caractériser le mécanisme de glissement. La photo de gauche montre le scanner laser terrestre. La figure à droite représente un nuage de points obtenu avec celui-ci.



(© Travellerli et al., 2009)

Le logiciel Polyworks permet ainsi, à partir de différents relevés, de caractériser la cinématique d'un glissement de terrain.

La figure ci-contre illustre la quantification des volumes déplacés (à partir de MNTs différentiels - ante et post éboulement - obtenus grâce au logiciel Polyworks) et met en évidence une subsidence dans la partie amont après l'éboulement (Glissement coulée de Super Sauze).

Logiciel de traitement d'images orienté-objets eCognition (2011)

Les crédits fournis par REALISE ont permis d'acquérir un logiciel spécifique de traitement d'images permettant d'appliquer des méthodes de traitement dites orientées-objets (OBIA – Object-Based Image Analysis) adaptées aux traitements d'images satellites à très haute résolution spatiale

Logiciel PTV Vision Demand Planning (2012)

L'acquisition de Visum a permis la concrétisation d'un projet du laboratoire LIVE lié à la construction d'un modèle de trafic dans l'aire urbaine strasbourgeoise. Ce modèle est actuellement en cours d'élaboration et permettra de mieux comprendre la mobilité quotidienne au sein de ce territoire, notamment l'accessibilité socio-spatiale ainsi que son fonctionnement spatio-temporel.



Enquêtes sur la perception de la pollution atmosphérique à Strasbourg (2004-2005)

La sensibilité à la pollution atmosphérique est dépendante du contexte de vie des individus (niveau socio-économique, état du logement, existence d'espaces verts, d'équipements sportifs, de systèmes de soin, de transport, etc).

Des études, basées sur des enquêtes auprès de la population, ont été menées par les chercheurs du LIVE dans le cadre de plusieurs programmes sur le développement urbain pour connaître la perception qu'ont les citoyens de la pollution et les comportements qu'ils adoptent vis-à-vis de cette pollution dans leur habitat et en ville. Les résultats sont confrontés à la qualité de l'air mesurée et modélisée.

L'objectif de ces travaux est d'essayer de comprendre et d'identifier les causes fondamentales de la pollution de l'air. Les résultats permettent de proposer des orientations de politique efficaces et cohérentes pour limiter l'exposition de la population aux risques sanitaires et changer les pratiques des citoyens en termes de mode de déplacement.

Mutualisation d'équipements avec d'autres laboratoires du réseau ou externes

- Le logiciel de traitement du signal laser et de visualisation 3D des données topographiques (Polyworks) est mutualisé avec l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg.

Afin de promouvoir et développer les activités de recherche liées à la numérisation, la caractérisation et l'analyse tridimensionnelle d'objets, et de pouvoir offrir un service d'utilisation du scanner laser terrestre incluant le traitement des données, un tarif de location a été mis en place (gestion CNRS - LIVE). Depuis 2009, le matériel a fait l'objet de plusieurs missions de terrain qui ont donné lieu à des publications scientifiques nationales et internationales. Il est à noter que l'équipement est également utilisé par d'autres laboratoires français ou internationaux dans le cadre de conventions d'étude.

La gestion des eaux de surface et souterraines dans le secteur d'Erstein (LCSE et CRESS)
(CDD de Elodie Piquette et de Josiane Ribstein, 2007)



L'enquête a tenté de mettre en évidence la persistance, malgré les instances à vocation transversale, d'une logique de filière (représentations, langage, pratiques spécifiques à chaque acteur et à chaque compartiment aquatique) dans la gestion de l'eau.

Nature et forêt – Recherche sur les usages sociaux du bois en Vosges du Nord (CRESS)
CDD de Vincent Brailly, Co-financement Parc Naturel Régional des Vosges du Nord, 2011-2012)



Enquête portant, d'une part sur une série d'entretiens auprès des différents types d'acteurs, et d'autre part, de visites de terrain et visant à dégager :

- les types de liens que les acteurs entretiennent entre eux : d'où vient le bois qu'ils utilisent, qu'en font-ils précisément, quels acteurs amont (fournisseurs) et aval (clients) connaissent-ils, qu'en pensent-ils, avec lesquels travaillent-ils préférentiellement,
- les représentations du bois en lien avec ses usages : qu'est-ce que le bois, un bon bois, quelle influence de la provenance et de la gestion forestière sur la qualité du bois,
- les évolutions envisagées : que peut-on faire de plus avec le bois, lien entre usage et limites de la ressource, disponibilité à travailler avec les gros bois.

Biodiversité et enjeux sociétaux : la situation du hamster commun en Alsace (LCSE)
(CDD de Josiane Ribstein, 2009, CDD de Xavier Gégout, Aline Ponzoni, 2010-2011)
Co-financement Fondation de Recherche pour la Biodiversité – Société LU



Enquête auprès des acteurs concernés par la protection et la réintroduction du hamster permettant la mise en évidence de réseaux d'influence et de décision dans les stratégies adoptées.

Réalisation : C. Méchin, J. Ribstein, X. Gégout et A. Ponzoni.

Manifestations du groupe SONATE (Relations Société-Nature), soutenues par le réseau REALISE

Le groupe SONATE, créé à l'initiative de 5 laboratoires du réseau REALISE, regroupe les disciplines suivantes : écologie, droit, sociologie et économie.

Trois journées d'études pluridisciplinaires ont été organisées sur les thématiques suivantes :

- « Trame verte : quelles natures pour demain ? », le 2 novembre 2010
- « Biodiversité des grands fleuves : de la renaturation à la domestication ? », le 4 novembre 2011
- « Résiliences – résistances- adaptations », le 14 novembre 2012

L'objectif de ces différentes études et enquêtes est d'approcher au mieux de la réalité. Ces études ne relèvent ni d'une approche purement théorique ni d'une approche sans fondement juridique. Le rapport final est une synthèse sur une thématique qui pose un problème juridique. La méthode de travail allie collecte et analyse de la littérature et enquêtes de terrain (entretien avec les différents acteurs locaux : collectivités, associations, bureaux d'études).

Les perspectives de transposition en droit français des textes communautaires en matière de responsabilité des entreprises (2005-2007)

Cette recherche a consisté en une analyse succincte des compétences des différents organes de l'Union Européenne, du droit processuel communautaire et des conflits de compétence existants, puis en une analyse des textes qui a permis de mettre en évidence le régime des responsabilités (conditions, moyens d'exonération, sanctions), le rôle des différents acteurs en cause (les entreprises industrielles, l'Etat, les associations,...) et d'envisager la transposition en droit interne français de ces dispositions.

Les instruments juridiques d'intervention sur des propriétés privées pour la mise en œuvre de mesures protectrices de l'environnement (2010-2011)

3 mois de CDD en 2010 et 6 mois de CDD en 2010-2011

L'objectif consistait à réaliser une étude exhaustive des différentes techniques juridiques : servitudes, baux emphytéotiques, fiducie etc... de nature à garantir la pérennité de ces mesures indépendamment des mutations éventuelles pouvant affecter la propriété et l'usage du terrain, en faisant état des avantages et des inconvénients liés à l'usage de ces différentes techniques juridiques. Réalisation B. Mathis, E Terzic, 2011.

Les atteintes à l'environnement en Alsace : approche juridique de la compensation et de la réparation (2009)

10 mois de CDD en 2009



Recherche sur le suivi de la compensation environnementale en Alsace. Les auteurs ont rencontré un grand nombre d'acteurs dans le cadre de leur mission, ces entretiens ont été réalisés sur la base d'un questionnaire préalablement établi.

Les objectifs de cette étude ont été de :

- recenser le plus d'opérations visant à réparer les dommages causés à l'environnement,
- identifier les difficultés rencontrées par les acteurs de terrain dans la mise en oeuvre concrète de ces mesures,
- proposer éventuellement des solutions juridiques pour les résoudre.

Réalisation C. Thinus, M. Lucas, 2009.

Enquête sur l'efficacité des instruments de protection du grand hamster d'Alsace (2012)

6 mois de CDD en 2012



L'objectif de cette étude était de récolter les informations sur la question du statut juridique du Grand Hamster et l'efficacité des instruments de protection.

Réalisation C. Cornaz, M Lucas (136 pages), mise en ligne sur le site de SAGE en 2012.

Équipement du Laboratoire d'Economie Expérimentale de Strasbourg (2006 et 2011)

De petits équipements ont été acquis pour le Laboratoire d'Economie Expérimentale de Strasbourg (LEES) : parois amovibles et tablettes (e-pad) pour le laboratoire mobile.



© Kene Boun My



© Mohamed Ali Bchir

Enquêtes réalisées dans le cadre d'expériences en laboratoire ou d'expériences de terrain (2011)



Ces différents financements ont permis de développer une thématique autour de la régulation de la pollution de l'eau et plus généralement du comportement des agents dont les activités présentent un risque pour l'environnement. Cette thématique constitue un point fort de l'axe « comportements et marché » du BETA, ainsi que l'axe « Gouvernance territoriale des ressources et des risques » de l'équipe GESTE de l'ENGEEES.

Mutualisation d'équipements avec d'autres laboratoires du réseau ou externes

Les équipements du Laboratoire d'Economie Expérimentale de Strasbourg (LEES) sont mutualisés entre le BETA et l'équipe GESTE de l'ENGEEES.

L'interdisciplinarité

Le réseau REALISE est une véritable « pépinière » de collaborations permettant une fertilisation croisée entre les différents champs scientifiques et l'émergence de nouveaux projets de recherche, que ce soit au sein des sciences exactes ou des Sciences Humaines et Sociales, ou entre ces deux domaines scientifiques.

Les questions d'environnement sont très complexes et nécessitent une approche pluridisciplinaire pour proposer des solutions innovantes et de nouveaux concepts adaptés aux enjeux de notre société. Ainsi, les chercheurs qui se connaissaient peu au départ ont pu mettre en commun des méthodes et des projets pour développer des interactions et synergies et stimuler le partenariat avec d'autres équipes d'Alsace mais aussi du Rhin supérieur.

Par ailleurs, le fait que les équipements acquis dans le cadre du CPER soient très souvent mutualisés est à l'origine de rapprochements réels et pérennes entre équipes. Cela a fait émerger des projets nouveaux et interdisciplinaires : c'est ainsi que, lors du dernier CPER 2007-2014, 28 collaborations entre au moins deux laboratoires ont été initiées, 28 contrats communs ont été réalisés, 12 thèses communes en co-direction ont été soutenues. Les chercheurs de différents laboratoires ont co-publié 57 articles dans des revues internationales.

A titre d'exemples, nous pouvons citer les thématiques qui ont fédéré plusieurs équipes de disciplines différentes :

- ♦ la caractérisation des flux hydriques par méthodes géophysiques à différentes échelles et modélisation des écoulements multiphasiques et suivi temporel des écoulements souterrains et des aquifères (Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg et l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg),
- ♦ les relations entre pollution atmosphérique urbaine et comportement des citoyens, mise au point d'indicateurs locaux de qualité de l'air, ou encore l'optimisation des stratégies de réduction de la pollution de l'air extérieur et intérieur, avec pour cette dernière thématique la direction d'un groupe de travail « qualité de l'air intérieur » du programme PRIMEQUAL piloté par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie et l'ADEME et l'appui à la mise en place d'une nouvelle Directive européenne sur la qualité de l'air (Laboratoire de Physico-Chimie de l'Atmosphère, les Médecins du Service de Pneumologie des HUS et le Laboratoire Image et Ville),
- ♦ un projet INTERREG « Oui Biomasse » sur l'innovation pour une utilisation durable de la biomasse comme bio-énergie dans la région du Rhin Supérieur (Laboratoire de Gestion des Risques et Environnement, Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé, Laboratoire Image et Ville, Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Laboratoire de Génétique Moléculaire Génomique Microbiologie et Equipe Gestion Territoriale de l'Eau et de l'environnement),
- ♦ une convention avec Voie Navigable de France sur la valorisation des biens environnementaux sur le Rhin et la bande rhénane (Equipe Gestion Territoriale de l'Eau et de l'environnement et Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg),

Bien d'autres collaborations et contrats ont été obtenus et sont mentionnés sous forme de tableaux dans ce chapitre. Elles prouvent que le réseau REALISE est un catalyseur permettant de renforcer et d'« élargir » les compétences des équipes et laboratoires qui le composent. Avec un parc d'équipements de très bon niveau et l'accès à l'interdisciplinarité exigée par les nouvelles thématiques environnementales à fort impact économique, les équipes sont à présent mieux armées pour répondre à des appels d'offre au niveau international.

Collaborations

entre laboratoires ou équipes du réseau grâce aux équipements acquis par le CPER REALISE

THEMATIQUE EAU ET SOLS	
Laboratoires de REALISE en collaboration	Thématique
LHyGeS/ TREHA et IPGS/ GE	Transferts hydriques en zone non saturée : potentiels spontanés et perméabilités relatives
IPGS/GE et LHyGeS/ TREHA	Modélisation et suivi d'écoulement multiphasique de polluants ; potentiels d'électrofiltration en milieu saturé
IPGS et LHyGeS/GICE	Géophysique du bassin du Strengbach ; quantification des taux d'érosion et d'altération
LHyGeS/ TREHA et ICube	Modélisation des capacités de rétention des zones humides
IPHC/Radiochimie et IREBS	étude des interactions minéral-bioligands(-bactérie) et de leur rôle dans le devenir de micropolluants métalliques dans les sols.
LHyGeS/GICE et IREBS	Identification de l'influence bactérienne sur l'accumulation de carbonate de calcium en milieu silicaté
IREBS, LHyGeS/ TREHA et GMGM/AIME	Ferri-réduction bactérienne des oxydes de fer
LBM ET LIVE	étude de nouveaux marqueurs chimiotaxonomiques d'origine végétale à travers l'étude de différentes essences de bois anciens d'origine archéologique ou provenant de milieux naturels (gravières, paléochenaux du Rhin, etc.)

ICube : Laboratoire des sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie, Département Mécanique, Equipe Mécanique et Environnement

IPGS/GE : Institut de Physique du Globe de Strasbourg/ Equipe Géophysique Expérimentale

IPHC : Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien/ Equipe de Radiochimie

IREBS : Institut de Recherche de l'Ecole de Biotechnologies de Strasbourg, Département « Biotechnologie et signalisation cellulaire, Equipe « Transports membranaires bactériens »

GMGM/AIME : Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie, Département « Microorganismes, Génomes, Environnement », Equipe « Adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement »

LBM : Institut de Chimie de Strasbourg, Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire

LHyGeS/GICE : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Géochimie isotopique et Chimie de l'Environnement

LHyGeS/ TREHA : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés

LIVE : Laboratoire Image Ville Environnement

THEMATIQUE REMEDIATION

Laboratoires de REALISE en collaboration	Thématique
IREBS et LHyGeS/GICE	Altération bactérienne des silicates complexes
LHyGeS/ TREHA et GMGM/AIME	Dégradation microbienne de polluants, le plus souvent chlorés comme la chlordécone et le S-metolachlore, au niveau national
LHyGeS/ TREHA , GMGM/AIME et IPHC/ Radiochimie	MICROPOL - Développement de méthodes d'analyse des micropolluants et de leur dégradation, Action structurante REALISE 2011-2012
IREBS et IPHC/Radiochimie	étude des interactions aux interfaces smectite-solution-sidérophore/bactérie modèle ; caractérisation par des techniques analytiques <i>in situ</i> .
IREBS et LCMB	Caractérisation physico-chimique des pyoverdines vis-à-vis des métaux.
LCBM et IREBS	Mécanismes de reconnaissance de la pyoverdine Pvd par son récepteur membranaire FpvA chez <i>P. aeruginosa</i>
LCBM et IREBS	Propriétés de coordination du fer(III) par des pyoverdines exprimées par plusieurs souches de <i>Pseudomonas</i> – Rôle d'oxido-réductases de type flavocytochrome b (FRO2) dans les processus de transfert sols-plantes de métaux
LCBM et IREBS	Propriétés de coordination du fer(III) par métallophores bioinspirés de type Bis-2-(Phenol)-Thiazole-Carboxamide (BHPTC)
LCBM et IREBS	Processus de mobilisation et de transfert sols-plantes de métaux : nouveaux outils moléculaires, enzymatiques et physico-biochimiques pour une meilleure compréhension de la phytoremédiation bioaugmentée

THEMATIQUE DEPOLLUTION-CATALYSE

Laboratoires de REALISE en collaboration	Thématique
GRE et ICPEES	Traitement catalytique des polluants issus de sources mobiles. Développement de catalyseurs pour les procédés de combustion catalytiques et aussi dans la dépollution catalytique des effluents issus des transports

GRE : Laboratoire Gestion des Risques et Environnement, Mulhouse

ICPEES : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé

IPHC : Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien /Equipe de Radiochimie

IREBS : Institut de Recherche de l'Ecole de Biotechnologies de Strasbourg, Département « Biotechnologie et signalisation cellulaire, Equipe « Transports membranaires bactériens »

GMGM/AIME : Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie, Département « Microorganismes, Génomes, Environnement », Equipe « Adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement »

LCMB : Laboratoire de Chimie Moléculaire, Equipe de Chimie Médicinale et Bioorganique

LHyGeS/GICE : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Géochimie isotopique et Chimie de l'Environnement

LHyGeS/ TREHA : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés

THEMATIQUE ATMOSPHERE

Laboratoires de REALISE en collaboration	Thématique
ICPEES/ LPCA et Hôpitaux Universitaire de Strasbourg (Pneumologie)	Exposition aux aldéhydes dans l'air : rôle dans l'asthme
ICPEES/ LPCA et LIVE	Exposition quotidienne de populations sensibles à la pollution atmosphérique : définition d'indicateurs de la qualité de l'air
ICPEES/ LPCA et LCAMB	Développement d'un modèle cellulaire prédictif du rôle des polluants du milieu intérieur dans la survenue et la sévérité des allergies respiratoires
ICPEES/ LPCA et LHyGeS/ GICE	Analyse de PCBs dans la zone industrielle de Strasbourg-Kehl
ICPEES/ LPCA et LHyGeS/ TREHA	Analyse de trichloréthylène
ICPEES/ LPCA et LHyGeS/ TREHA	étude des transferts de pesticides et analyses chirales de pesticides

THEMATIQUE RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES

Laboratoires de REALISE en collaboration	Thématique
GESTE et LHyGeS/ TREHA	Régulation de la pollution agricole (phytoremédiation)
GESTE et CDES	évaluation des biens environnementaux et compensation
IPGS/DGDA et LIVE	Suivi et mesure de déformations sur des avalanches lentes à contrôle hydrologique
GRE et CERDACC	Développement d'une approche transdisciplinaire (scientifique et juridique) en prenant le territoire comme objet d'étude.

CDES : Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg

CERDACC : Centre Européen de Recherche sur le Droit des Accidents Collectifs et des Catastrophes

GESTE : Equipe «Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement», ENGEES

GRE : Laboratoire Gestion des Risques et Environnement, Mulhouse

ICPEES/ LPCA : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé, Equipe Physico-Chimie de l'Atmosphère

IPGS/DGDA: Institut de Physique du Globe de Strasbourg/Equipe Dynamique Globale et Déformation Active

LCAMB : Laboratoire de Conception et Application de Molécules Bioactives

LHyGeS/GICE : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Géochimie isotopique et Chimie de l'Environnement

LHyGeS/ TREHA : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés

LIVE : Laboratoire Image Ville Environnement

Interdisciplinarité au sein des Sciences Humaines et Sociales

Une des conséquences de la structuration des laboratoires dans le réseau REALISE est la collaboration entre les différentes équipes de Sciences Humaines et Sociales elles-mêmes et avec d'autres équipes du réseau REALISE sur des thématiques communes. Ces équipes ont créé des outils (groupe de travail, lettre, séminaires) pour mieux fédérer les idées et méthodes autour de thématiques environnementales communes :

❖ **Création du groupe SONATE** (Relations Société-Nature), comité scientifique d'organisation de colloques en SHS qui rassemble les laboratoires suivants : Laboratoire Société, Acteurs, Gouvernement en Europe (SAGE) avec l'ex Centre de Recherche et d'Étude en Sciences Sociales (CRESS) et le Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg (CDES), le Laboratoire Image et Ville (LIVE), le Bureau d'Économie Théorique Appliquée (BETA) et l'équipe «Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement (GESTE) de l'ENGEES.

Ce groupe a organisé les trois colloques suivants :

- « Trame verte : quelles natures pour demain ? », le 2 novembre 2010
M.-P. Camproux et M. Lucas (CDES) : « la trame verte et bleue : une réserve d'actifs naturels locale ? »
- « Biodiversité des grands fleuves : de la renaturation à la domestication ? » le 4 novembre 2011
M.-P. Camproux et M. Lucas (CDES) : « la restauration écologique des fleuves et le droit »
- « Résiliences – résistances- adaptations » le 14 novembre 2012

❖ **Mise en place d'un programme MISHA « La nature à la lettre »**

Écritures et production des savoirs sur la nature dans l'Europe moderne et contemporain. (P. Hammam et I. Hajek (SAGE), 2013-2017). Il s'agit d'un groupe de réflexion composé de chercheurs des études germaniques, sociologiques et ethnologiques. Il a permis l'organisation de plusieurs journées d'étude à la MISHA (Strasbourg) :

- 18 mars 2013 : «La forêt entre savoirs et imaginaires dans les mondes germaniques et asiatiques».
- 7 juin 2013 : «Des hommes et des animaux».
- 18 septembre 2013 : journée d'étude de jeunes chercheurs. «La nature projetée». Appropriations, usages et représentations de la nature».

❖ **Séminaires et colloques en commun :**

- Séminaire « Une réflexion interdisciplinaire sur les outils économiques et juridiques pour la préservation de la biodiversité : regards croisés sur les atteintes » Strasbourg, 26 -27/6/2010, contribution financière du réseau REALISE.
- Colloque international sur « Le marché; menace ou remède pour la protection de l'environnement », les 29 et 30 novembre 2012, organisé par le Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg.
- Séminaire «Réparation(s) et services écosystémiques», organisé dans le cadre du Réseau Thématique Pluridisciplinaire Biodiversité de l'INEE-CNRS, 21 et 22 mars 2013, organisé par le Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg.

Contrats de Recherche
obtenus grâce à la collaboration entre laboratoires ou équipes du réseau et aux équipements
acquis par le CPER REALISE

THEMATIQUE EAU ET SOLS		
Laboratoires de REALISE en collaboration	Thématique	Type de contrat
LHyGeS/ TREHA, LHyGeS/ GICE, GMGM/ AIME et ICPEES/LPCA	Processus hydro-biogéochimiques régissant les transferts des résidus de produits phytosanitaires et du cuivre dans des ouvrages de rétention collectant les eaux de ruissellement provenant de bassins versants viticoles	Projet VITiFLUX : EC2CO INSU-CNRS, 2011-2013
GMGM/AIME et LHyGeS/ TREHA	Project TOP-DCM : Adaptation du compartiment microbien d'un microcosme de sol surfacique multicontaminé exposé à un polluant industriel majeur : le dichlorométhane	EC2CO INSU-CNRS, 2013-2014
LHyGeS/ TREHA et GMGM/AIME	Isotope forensics meets biogeochemistry – linking sources and sinks of organic contaminants by compound specific isotope investigation	FP7-PEOPLE -ITN (7ème PCRD), CSI-Environment 2010-2014
LHyGeS/ TREHA et GMGM/AIME	Recherche de la signature biologique de la dégradation de la chlordécone dans les sols des Antilles	INRA DEMICHLORD (resp. F. Martin-Laurent), 2011-2013
LHyGeS/ TREHA et GMGM/AIME	ELISE : évaLuation <i>in situ</i> de l'Impact des produits phytosanitaires sur les eaux Souterraines et les Écosystèmes associés de la plaine alluviale de l'Ariège	FEDER – Agence de l'Eau Adour – Garonne – BRGM, 2012-2014
LBM ET LIVE	Les archives pédologiques, un outil pour la gestion des écosystèmes, nouvelles approches, limites temporelles et résolution écosystémique	Programme GESSOL 3 / ADEME, 2011-2013
LHyGeS/GICE et IREBS	Identification de l'influence bactérienne sur l'accumulation de carbonate de calcium en milieu silicaté	EC2CO INSU-CNRS, 2008-2010
LHyGeS/GICE et OHGE	Soil Transformations in European Catchments- CEE SOILTREC. Collaborative Project : Large Scale Integrating Project (IP).	FP7 Cooperative Work, 2009-2014 Porteur : University of Sheffield. Autres partenaires : 16 équipes de la CE, le GICE étant le seul représentant français
OHGE et IPGS	étude spatiale et temporelle de la zone critique des bassins versants	Projet EQUIPEX CRITEX. Programme ANR-Grand Emprunt. 2013-2017
GESTE et LHyGeS/GICE	Application de la méthode HEP au Polder d'Erstein	Contrat ENGEES-ONEMA, 2011-2013

GESTE : Equipe «Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement», ENGEES

GMGM/AIME : Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie, Département « Microorganismes, Génomes, Environnement », Equipe « Adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement »

ICPEES/ LCPA : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé, Equipe Physico-Chimie de l'Atmosphère

IPGS : Institut de Physique du Globe de Strasbourg

IREBS : Institut de Recherche de l'Ecole de Biotechnologies de Strasbourg, Département « Biotechnologie et signalisation cellulaire, Equipe « Transports membranaires bactériens »

LHyGeS/GICE : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Géochimie isotopique et Chimie de l'Environnement

LHyGeS/ TREHA : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés

LBM : Institut de Chimie de Strasbourg, Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire

LIVE : Laboratoire Image Ville Environnement

OHGE : Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement

Laboratoires de REALISE en collaboration	Thématique	Type de contrat
IPHC et LIVE	Nouvelle méthodologie pour réduire les micropolluants dans les eaux de stations de traitement des eaux usées	Projet μ STEP 2014. Partenaire : SDEA
IPHC, GMGM/AIME et LHyGeS/TREHA	Caractérisation microbiologique et chimique de la biodégradation bactérienne d'un polluant pharmaceutique émergent, la metformine.	Projet METFORMET. EC2CO-INSU, 2014

THEMATIQUE DEPOLLUTION-CATALYSE

Laboratoires de REALISE en collaboration	Thématique	Type de contrat
GRE et ICPEES	étude théorique et expérimentale de l'oxydation catalytique du noir de carbone : influence du contact entre solides	Contrats de recherche dans le cadre d'une collaboration avec Renault SA.DEA de May Issa, 2004-2005. Co-encadrée par J.-F. Brillhac (GRE) et C. Petit (ICPEES)
GRE et ICPEES	Recherche d'une phase catalytique à base d'oxydes mixtes pour la combustion des particules. étude du contact entre le matériau carboné et le catalyseur	Contrats de recherche dans le cadre d'une collaboration industrielle avec Renault SA.Thèse de Y. Nguyen, 2000-2003. Co-encadrée par J.-F. Brillhac (GRE) et C. Petit (ICPEES)
GRE et ICPEES	étude des réactions d'oxydation des hydrocarbures et de CO sur les catalyseurs d'oxydation utilisés dans la ligne d'échappement des moteurs Diesel	Bourse de thèse Région Alsace de Ibticem Nadjar, 2000-2003 accompagnée d'un co-financement industriel PSA. Co-encadrée par P. Ehrburger (GRE) et G. Maire (ICPEES)
GRE et ICPEES	étude expérimentale et théorique du vieillissement de catalyseurs d'oxydation de CO utilisés dans le traitement de la pollution automobile	Bourse de thèse Région Alsace de J. Yang, 2005-2008. Co-encadrée par P. Gilot (GRE) et F. Garin (ICPEES)

GMGM/AIME : Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie, Département « Microorganismes, Génomes, Environnement », Equipe « Adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement »

GRE : Laboratoire Gestion des Risques et Environnement, Mulhouse

ICPEES : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé

IPHC : Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien/ Equipe de Radiochimie

LHyGeS/ TREHA : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg , Equipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés

LIVE : Laboratoire Image Ville Environnement

THEMATIQUE ATMOSPHERE

Laboratoires de REALISE en collaboration	Thématique	Type de contrat
ICPEES/ LPCA et LCAMB	Développement d'un modèle cellulaire prédictif du rôle des polluants du milieu intérieur dans la survenue et la sévérité des allergies respiratoires	PRIMEQUAL APR air intérieur (MEEDDAT & ADEME), 2009-2012 et APR AFSSET, 2009-2012
ICPEES/ LPCA et Hôpitaux Universitaire de Strasbourg (Pneumologie)	Exposition au formaldéhyde et/ou dioxyde d'azote : impact sur la réponse bronchique aux allergènes d'acariens chez des asthmatiques allergiques aux acariens	PHRC, 2007-2010
ICPEES/ LPCA et LIVE	Exposition quotidienne de populations sensibles à la pollution atmosphérique : définition d'indicateurs de la qualité de l'air	ACI Développement Durable Urbain, 2004-2007 Autre partenaire : INSERM Strasbourg
ICPEES/ LPCA et LIVE/ EPAC	Caractérisation détaillée de l'air intérieur des bâtiments BBC par couplage entre Mesures expérimentales représentatives et Modélisation Air Intérieur Détaillée (MERMAID)	PRIMEQUAL APR Environ. intérieurs (MEEDDAT & ADEME), 2012-2015 S. Le Calvé (ICPEES/LPCA), Responsable du groupe de travail « Air Intérieur » du programme. Autres collaborations : LASIE, EMD, ASPA
LIVE/EPAC et ICPEES/ LPCA	Optimisation des stratégies de réduction de la pollution de l'air	Projet Life+ OPERA, 2009-2013 Autres collaborations : ARPA, Università di Brescia, JRC, TERRARIA, ASPA
LIVE/EPAC et ICPEES/ LPCA	Evaluation de la mise en place des plans de la qualité de l'air. Appui à la mise en place de la nouvelle Directive Européenne sur l'air.	FP7 APPRAISAL, 2009-2012 Autres collaborations : JRC, VITO, SKYKE, INERIS, AUTH, UAVR, SRI, TERRARIA, CIEMAT, ULB, BSC-CNS, UBA, ASPA.

ICPEES/ LPCA : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé, Equipe Physico-Chimie de l'Atmosphère
 LCAMB : Laboratoire de Conception et Application de Molécules Bioactives
 LIVE/EPAC : Laboratoire Image Ville Environnement/ Equipe Energie, Pollution de l'Air et Climat

THEMATIQUE RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES

Laboratoires de REALISE en collaboration	Thématique	Type de contrat
GESTE et CDES	<p>Valorisation des biens environnementaux sur le Rhin et la bande rhénane.</p> <p>Thèse GESTE : “Les mesures compensatoires : un indicateur du coût environnemental”, Nathalie Dumax, soutenue le 27 novembre 2009. Direction de thèse : A.Rozan.</p> <p>Thèse CDES : « La compensation environnementale, la notion juridique et son application », Marthe Lucas, soutenue le 28 novembre 2012. Direction de Thèse : M.-P. Camproux.</p>	<p>Conventions ENGEES et CDES avec Voies Navigables de France, 2007-2009</p> <p>Financement de trois thèses par Voies Navigables de France: une en économie (N. Dumax), une en droit (M. Lucas) et une à l'INSA.</p>
GESTE, ICube et LHyGeS/TREHA	Gestion du risque inondation	Contrat Fondation MAIF, 2009-2012
GESTE, BETA, LHyGeS/TREHA, LIVE et CRESS	Coulées de boues	Contrats GERIHCO 1 et 2, 2005-2012
LIVE et IPGS/DGDA	Living with landslide risk in Europe. Assessment, effects of global change and risk management strategies	SAFELAND FP7, 2009-2013
LIVE et IPGS/DGDA	Society Adaptation for coping with Mountain risks in a global change COntext -SAMCO	ANR ‘Sociétés et changements environnementaux’, 2013-2017

THEMATIQUE ENERGIE

Laboratoires de REALISE en collaboration	Thématique	Type de contrat
GRE, ICPEES, LIVE/EPAC, LHyGeS/TREHA, GMGM/AIME et GESTE	Innovations pour une utilisation durable de la biomasse dans la région du Rhin Supérieur.	<p>Projet Interreg ‘OUI Biomasse’, 2012-2015</p> <p>piloté par DFIU/KIT. Autres Collaborations : KIT-ITAS, KIT-DFIU, FHNW-IEC, DUW, ASPA</p>

Sur la base du projet INTERREG «OUI-BIOMASSE» en cours et co-financé par l'Offensive Sciences de la Région Métropolitaine Trinationale du Rhin supérieur, plusieurs chercheurs de REALISE participent de façon active aux réflexions à la création d'un Institut de Recherche Environnementale du Rhin Supérieur (IRR). Le consortium tri-national est actuellement constitué de treize partenaires du projet et de neuf partenaires associés localisés dans le Bade-Wurtemberg, en Rhénanie-Palatinat, en Alsace et dans la Suisse du Nord-Ouest.

BETA : Bureau d'Economie Théorique Appliquée

CRESS : Centre de Recherche et d'Etude en Sciences Sociales

CDES : Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg

GESTE : Equipe «Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement», ENGEES

ICube : Laboratoire des sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie, Département Mécanique, Equipe Mécanique et Environnement

IPGS/DGDA: Institut de Physique du Globe de Strasbourg/Equipe Dynamique Globale et Déformation Active

LHyGeS/ TREHA : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés

LIVE/EPAC : Laboratoire Image Ville Environnement/ Equipe Energie, Pollution de l'Air et Climat

Thèses et Publications

dans des revues à comité de lecture(ACL) communes à au moins deux laboratoires ou équipes du réseau REALISE

THEMATIQUE EAU ET SOLS

Thèses de Doctorat menées en commun

Ounaies Sana, « Modélisation numérique de l'écoulement et du transport réactif en zone non saturée d'un aquifère poreux : cas du secteur du Polder d'Erstein (Bas-Rhin) ». Soutenue le 25/05/2012. Co-encadré par G. Schäfer (LHyGeS/TREHA) et M. Trémolières (LHyGeS/TREHA), Bourse Région/laboratoire.

Allègre Vincent, « Couplages électrocinétiques en milieux poreux non saturés ». Soutenue le 15/10/2010 . Co-encadré par L. Jouniaux (IPGS), F. Lehmann (LHyGeS/TREHA) et P. Sailhac (IPGS). Bourse Ministère.

Maineult Alexis, «Application de la méthode du potentiel spontané à l'hydrogéologie: expérimentation sur modèle réduit d'aquifère». Soutenue le 28/06/2004. Direction : Y. Bernabé (IPGS) et P. Ackerer (IMFS puis LHyGeS/TREHA)

Publications communes avec Comité de Lecture

Entre LHyGeS/TREHA et LHyGeS/GICE

Chabaux F., Blaes E., Stille P., Di Chiara Roupert R., Dosseto A., Pelt E., Ma L., Buss H.L., Brantley S.L. (2013). Regolith formation rate from U-series nuclides: implications from the study of a spheroidal weathering profile in the Rio Icacos watershed (Puerto Rico). *Geochim. Cosmochim. Acta*. In press.

Chabaux F., Blaes E., Granet M., Di Chiara Roupert R., Stille P. (2012). Determination of transfer time for sediments in alluvial plains using ^{238}U - ^{234}U - ^{230}Th disequilibria: The case of the Ganges river system. *CR Geoscience* 344, 688-703.

Ounaies S., Schäfer G., Trémolières M., 2012. Quantification of vertical water fluxes in the vadose zone using particle-size distribution and pedology-based approaches to model soil heterogeneities. *Hydrological Processes*. doi : 10.1002/hyp.9365.

Chabaux F., Ma L., Stille P., Pelt E., Granet M., Lemarchand D., Di Chiara Roupert R., Brantley S.L. Determination of chemical weathering rates from U series nuclides in soils and weathering profiles: Principles, applications and limitations. *Appl. Geochem.*, 2011, 26, S1, S20-S23. doi: 10.1016/j.apgeochem.2011.03.019

Lucas Y., Schmitt A.D., Chabaux F., Clement A., Fritz B., Elsass P., Durand S. Geochemical tracing and hydrogeochemical modelling of water-rock interactions during salinization of alluvial groundwater (Upper Rhine Valley, France). *Appl. Geochem.*, 2010, 25, 11, 1644-1663.

Durand S., Chabaux F., Rihs S; Durringer P. et Elsass P. (2005) U isotope ratios as tracers of groundwater inputs into surface waters: example of the Upper Rhine hydrosystem. *Chem. Geol.* 220, 1-19.

Entre IPGS et LHyGeS/TREHA

Allègre, V., Lehmann, F., Jouniaux, L., Sailhac, P., and R. Toussaint, Modelling the streaming potential dependence on water-content in sand: influence of pressure dynamics and fluid flow, *Transport in Porous Media*, en corrections (2013)

Allègre V., Lehmann F., Ackerer P., Jouniaux L., Sailhac P., «A 1-D modelling of streaming potential dependence on water content during drainage experiment in sand». *Geophysical Journal International*, 189 285-295 (2012)

Nsir K., Schäfer G., Di Chiara Roupert R., Razakarisoa O., Toussaint R., «Laboratory experiments on DNAPL gravity fingering in water-saturated porous media». *International Journal of Multiphase Flow*, 40 83-92 (2012)

Toussaint R., Måløy K. J., Méheust Y., Løvoll G., Jankov M., Schäfer G., Schmittbuhl J., «Two-phase flow: structure, up-scaling, and consequences for macroscopic transport properties». *Vadose Zone Journal*, 11 vjz2011.0123 (2012).

V. Allègre, L. Jouniaux, F. Lehmann and P. Sailhac, 2011. Reply to comment by A. Revil and N. Linde on 'Streaming potential dependence on water-content in Fontainebleau sand'. *Geophysical Journal International*, 186(1)115-117.

Løvoll G., Jankov M., Måløy K. J., Toussaint R., Schmittbuhl J., Schäfer G., Méheust Y. 2011. Influence of Viscous Fingering on Dynamic Saturation–Pressure Curves in Porous Media. *Transp. Porous Med.*, 2011, 86, 1, 305-324.

Allègre V., Jouniaux L., Lehmann F., Sailhac P., «Streaming potential dependence on water-content in Fontainebleau sand». *Geophysical Journal International*, 182 1248-1266 (2010)

Entre IPGS et LHyGeS/GICE

Masson F., Viville D., Pierret M.-C., Mouyen M., Hecker L., Chabaux F. (2012). Time-lapse microgravity study of the Strengbach catchment (Vosges mountains, France). *CR Geoscience*, 344, 357-365.

Longuevergne L., Boy J.P., Florsch N., Viville D., Ferhat G., Ulrich P., Luck B., Hinderer J. Local and global hydrological contributions to gravity variations observed in Strasbourg. Conference Information: 16th International Symposium on Earth Tides, SEP 01-05, 2008 Jena. *J. Geodyn.*, 2009, 48, 3-5, Sp. Issue SI, 189-194.

Entre GESTE et LHyGeS/TREHA

Destandau, F., Imfeld G., Rozan A., 2013, "Regulation of diffuse pesticide pollution: Combining point source reduction and mitigation in stormwater wetland (Rouffach, France)", */Ecological Engineering//*, /10, 299-308.

Entre LMB et LIVE

G. Schnell, P. Schaeffer, H. Tardivon, E. Motsch, J. Connan, D. Ertlen, D. Schwartz, N. Schneider, P. Adam (2014). Contrasting diagenetic pathways of higher plant triterpenes in buried wood as a function of tree species. *Organic Geochemistry*, 66, 107-124.

J.M. Trendel, P. Schaeffer, P. Adam, D. Ertlen, D. Schwartz (2010). Molecular characterisation of soil surface horizons with different vegetation in the Vosges Massif (France). *Organic Geochemistry* 41, 1036-1039.

THEMATIQUE ATMOSPHERE

Thèses de Doctorat menées en commun

P.E. Kastner, «Impact de l'exposition au formaldéhyde et/ou au dioxyde d'azote sur la réponse de l'épithélium bronchique à l'allergène». Soutenue le 21 octobre 2011. Dir. S. Le Calvé (ICPEES/LPCA), F. Pons (CAMB).

Guéguen Florence, «Caractérisation de l'impact des émissions industrielles de Strasbourg-Kehl sur l'environnement urbain et rural (par prélèvement passif et biomonitoring) : Etude des polluants organiques (PCBs), métaux et traçage isotopique sur les aérosols et biomoniteurs». Soutenue le 21 octobre 2011. Dir. : P. Stille (LHyGeS/GICE), M. Millet (ICPEES/LPCA).

Lahd-Geagea Majdi, «Traçage isotopique des particules atmosphériques. Identification des sources». Soutenue le 21 décembre 2007. Direction : P. Stille (LHyGeS/GICE) et M. Millet (ICPEES/LPCA).

Marchand Caroline, «Incidences des teneurs en aldéhydes mesurées dans l'air intérieur et extérieur sur les patients sujets à l'asthme" en collaboration avec le service pneumologie des HUS. Soutenue en décembre 2005. Direction : P. Mirabel et S. Le Calvé (ICPEES/LPCA).

Publications communes avec Comité de Lecture

Entre LHyGeS/GICE et ICPEES/LPCA

F. Gueguen, P. Stille & M. Millet. Optimisation and application of accelerated solvent extraction and flash chromatography for quantification of PCBs in tree barks and XAD-2 passive samplers using GC-ECD with dual columns. *Talanta*, (2013), 111 (15), 140-146.

F. Gueguen, M. Millet, P. Stille. Persistent organic pollutants in the atmosphere from urban and industrial environments in the Rhine Valley: PCBs, PCDD/Fs. *Environmental Science and Pollution Research*, (2013), 20, 3852-3862.

F. Gueguen, M. Millet, P. Stille. Air quality assessment by tree bark biomonitoring in urban, industrial and rural environments of the Rhine Valley: PCDD/Fs, PCBs and trace metal evidence. *Chemosphere*, (2011), 85, 195-212.

M. Lahd Geagea, P. Stille, F. Gauthier-Lafaye & M. Millet. Tracing of industrial aerosol sources in an urban environment using Pb, Sr, and Nd isotopes. *Environmental Science and Technology*, (2008), 42, 692-698.

Lahd Geagea M.; Stille P.; Millet M.; Perrone T. REE characteristics and Pb, Sr and Nd isotopic compositions of steel plant emissions. *Sci. Total Environ.*, 2007, 373, 1, 404-419.

Entre LHyGeS/TREHA et ICPEES/LPCA

M. Lefrancq, S. Payraudeau, A. Joaquín García Verdú, E. Maillard, M. Millet & G. Imfeld. Transport of cyazofamid and kresoxim methyl in runoff at the plot and catchment scales. *Environmental Science and Pollution Research*, (2013), sous presse

Lefrancq M., Payraudeau S., García Verdú A.J., Maillard M., Millet M., Imfeld G. (2013). Fungicides transport in runoff from vineyard plot and catchment : contribution of non-target areas. *Environmental Science Pollution Research*. DOI 10.1007/s11356-013-1866-8.

Lefrancq M., Imfeld G., Payraudeau S., Millet M. (2013). Kresoxim methyl deposition, drift and runoff in a vineyard catchment. *Science of the Total Environment* 442:503-8. doi : 10.1016/j.scitotenv.2012.09.082.

Entre ICPEES/LCPA et GRE

C. Liaud, M. Millet, T. Dintzer, G. Trouvé, V. Tschamber, S. Le Calvé, Development of a 3-stage Cascade Impactor sampling method to measure Particle-bound PAHs in Indoor Air : quantification of adsorbed PAHs and particles morphology as a function of their size, *Indoor Air*, soumis

Entre ICPEES/LCPA et CAMB

P.E. Kastner, S. Le Calvé, W. Zheng, A. Casset, F. Pons. A dynamic system for single and repeated exposure of airway epithelial cells to gaseous pollutants. *Toxicology In Vitro*, doi: 10.1016/j.tiv.2012.11.011, 2012.

P.E. Kastner, S. Le Calvé, L. Diss, V. Sauveplane, R. Franke, L. Schreiber, F. Pinot. Specific accumulation of CYP94A1 transcripts after exposure to gaseous benzaldehyde: induction of lauric acid ω -hydroxylase activity in *Vicia sativa* exposed to atmospheric pollutants, *Environ. Research*, doi:10.1016/j.envres.2010.09.014, 2010.

Entre ICPEES/LCPA et HUS (Service de Pneumologie)

C. Marchand, S. Le Calvé, Ph. Mirabel, N. Glasser, A. Casset, N. Schneider, F. de Blay. Indoor aldehydes concentrations and determinants in 162 homes in Strasbourg (France), *Atmos. Environ.*, 42, 505-516, 2008.

G. Vincent, M-Ch. Kopferschmitt-Kubler, Ph. Mirabel, G. Pauli, M. Millet. Sampling and Analysis of Quaternary Ammonium Compounds (QACs) Traces in Indoor Atmosphere. *Environmental Monitoring and Assessment*, (2007), 133, 25-30.

C. Marchand, S. Le Calvé, P. Mirabel, N. Glasser, A. Casset, N. Schneider, F. de Blay. Exposure To Formaldehyde In Asthmatic And Control Dwellings In The Area Of Strasbourg (France), *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119, S267, 2007.

A. Casset, A. Purohit, C. Marchand, S. Le Calvé, C. Donnay, B. Uring-Lambert, S. Bahram, G. Pauli, F. de Blay. Le formaldéhyde inhalé et la réponse bronchique, *Revue des Maladies Respiratoires (revue générale)*, 23, 3S25-3S34, 2006.

A. Casset, C. Marchand, A. Purohit, S. Le Calvé, C. Donnay, P. Meyer, G. Pauli, F. De Blay. Low exposure to inhaled formaldehyde: Effect on allergen bronchial response in asthmatics sensitized to mite, *J. of Allergy and Clinical Immunology*, 117, S23, 2006.

A. Casset, C. Marchand, A. Purohit, S. Le Calvé, C. Donnay C, B. Uring-Lambert, M.P. Chenard, M.C. Kopferschmitt-Kubler, P. Meyer, G. Pauli, F. de Blay. Inhaled formaldehyde exposure: effect on bronchial response to mite allergen in sensitized asthma patients, *Allergy*, 61, 1344-1350, 2006.

S. Le Calvé, C. Marchand, Ph. Mirabel, N. Glasser, A. Casset, A. Purohit, F. de Blay. Le formaldéhyde dans l'air intérieur et son rôle dans l'asthme, *Pollution Atmosphérique*, 191, 271-278, 2006.

THEMATIQUE REMEDIATION

Thèses de Doctorat menées en commun

Cobert Florian, «Identification de l'influence bactérienne sur l'accumulation de carbonate de calcium en milieu silicaté». Soutenue le 15 juin 2012. Co-encadrement P. Stille (LHyGeS/GICE) et V. Geoffroy (IREBS) pour la partie microbiologie de l'étude dans le cadre du projet EC2CO.

Bachelet Mickaël, «Aspects cinétiques de l'interaction *Acidithiobacillus thiooxidans*/silicates complexes». Soutenue le 30 octobre 2009. Direction Crovisier, J.-L. (LHyGeS) et Geoffroy, V. (IREBS). Bourse présidence Université Louis Pasteur.

Aouad Georges, «Influence de *Pseudomonas aeruginosa* sur la dégradation des silicates. Incidence sur la stabilité de matrices de confinement des déchets et d'un mâchefer». Soutenue le 24 février 2006. Dir. Crovisier, J.-L. et P. Stille. (LHyGeS). Co-encadrement V. Geoffroy (IREBS) pour la 2^{ème} et 3^{ème} année.

Publications communes avec Comité de Lecture

Entre LHyGeS/GICE et IREBS

Aouad G., Crovisier J.L., Damidot D., Stille P., Hutchens E., Mutterer J., Meyer J.M., Geoffroy V.A. Interactions between Municipal Solid Waste Incinerator bottom ash and *Pseudomonas aeruginosa*. *Sci. Total Environ.*, 2008, 393, 2-3, 385-393. doi:10.1016/j.scitotenv.2008.01.017.

V. A. Geoffroy, Bachelet, M., Crovisier, J.-L., Aouad, G., and Damidot D. 2008. Evaluation of aluminium sensitivity on a biodegrading bacteria *Acidithiobacillus thiooxidans*: definition of a specific growth medium. *Calcium Aluminate Cements: Proceedings of the centenary Conference*, 309-319.

G. Aouad, Geoffroy, V. A., Meyer, J.-M., Crovisier, J.-L., Damidot, D. and Stille, P. 2006. Microbially-mediated glass dissolution and sorption of metals by *Pseudomonas aeruginosa* cells and biofilm. *Journal of Hazardous Materials*, B136, 889-895.

G. Aouad, Stille, P., Crovisier, J.-L., Geoffroy, V. A., Meyer, J.-M., Lahd-Geagea M. 2006. Influence of bacteria on lanthanide and actinide transfer from specific soil components (humus, soil minerals and vitrified municipal solid waste incinerator bottom ash) to corn plants: Sr-Nd isotope evidence. *Science of the total environment*. 370, 545-551.

G. Aouad, Crovisier, J.-L., Damidot, D., Stille, P., Meyer, J.-M., Geoffroy, V. A. 2006. Action bactérienne sur un mâchefer d'incinération d'ordure ménagère. *Déchets, Sciences et Techniques*. 42, 12-16.

G. Aouad, Crovisier, J.-L., Meyer, J.-M., Stille, P., Damidot, D., Geoffroy, V. A., Influence de *Pseudomonas aeruginosa* sur la vitesse d'altération de silicates. 2006. *Matériaux et techniques*. Hors série, 94, 517-524.

G. Aouad, Geoffroy, V. A., Meyer, J.-M., Crovisier, J.-L., Damidot, D. and Stille P. 2005. Mise au point d'un milieu de culture pour l'étude de l'altération de silicates en présence de *Pseudomonas aeruginosa*. *Comptes Rendus Géosciences*, 337, 15, 1340-1347.

Aouad G., Geoffroy V. A., Meyer J.-M., Crovisier J.L., Stille P., Damidot D. (2004) Experimental evidence for a direct use of nutrients (Fe, Mg) from basaltic glass, and MWI bottom ash by *Pseudomonas aeruginosa*. *Acta*, vol.68, p. A384.

Entre LHyGeS/TREHA, IREBS et GMGM/AIME

S. Loyaux-Lawniczak, S. J. Stemmler, S. Vuilleumier, and V. A. Geoffroy. 2013. *Paenibacillus* sp., a powerful reducing agent of iron and manganese oxides. *Soumis à Fems Microbiol Ecol*.

Entre IREBS et LCMB

J.-Y. Cornu, M. Elhabiri, C. Ferret, M. Lollier¹, V. A. Geoffroy, K. Jezequel and T. Lebeau. 2013. Pyoverdine promotes selectively the phytoextraction of Cu in calcareous sediment. *Environ. Sci. Technol. Chemosphere*, in press, 2013

J. Brandel, N. Humbert, M. Elhabiri, I.J. Schalk, G.L.A. Mislin, A.M. Albrecht-Gary, «Role of Pyochelin in Pseudomonas aeruginosa: A Physico-Chemical Characterization of the Iron(III), Copper(II) and Zinc(II) Complexes», Dalton Trans. 2012, 41, 2820-2834.

Entre IREBS et LVBE (Biopôle Colmar)

A. Braud, F. Hoegy, K. Jezequel, T. Lebeau, I. J. Schalk. 2009. New insights into the metal specificity of the Pseudomonas aeruginosa pyoverdine-iron uptake pathway. Environ Microbiol 11, 1079-91

Entre GMGM/AIME et LHyGeS/TREHA

Elsayed O, Maillard E, Vuilleumier S, Nijenhuis I, Richnow HH, Imfeld G (2014). Using compound specific isotope analysis to assess the degradation of chloroacetanilide herbicides in lab-scale wetlands. Chemosphere 99, 89-95.

Imfeld G, Vuilleumier S (2012). Measuring the effects of pesticides on bacterial communities in soil: a critical review. Eur. J. Soil Biol. 49, 22-30.

Imfeld G, Bringel F, Vuilleumier S (2011). Bacterial tolerance in contaminated soils: potential of the PICT approach in microbial ecology. In: Tolerance to Environmental Contaminants (Amiard-Triquet C, Rainbow PS, Roméo M, eds.), CRC Press, Boca Raton, Chapter 14, 335-364.

THEMATIQUE DEPOLLUTION-CATALYSE

Thèses de Doctorat menées en commun

DongLiang Wu, Etude expérimentale de l'impact de l'eau et/ou des suies vis à vis de l'adsorption des NOx sur catalyseurs modèles Pt/Ba/Al₂O₃ : contribution à la compréhension des mécanismes d'adsorption. Soutenue le 1er octobre 2013 à l'UHA. Directeurs de thèse : V. Tschamber. Thèse menée en collaboration avec F. Garin et I. Fechete (ICPEES). Allocation du Gouvernement Chinois.

Klein Jennifer, «Etude du fonctionnement d'un convertisseur catalytique 4 voies en vue du traitement des émissions liées à l'utilisation des nouveaux carburants. Soutenue le 19 novembre 2011. Directeur de Thèse : V. Tschamber. Thèse menée en collaboration avec F. Garin et I. Fechete (ICPEES). Allocation MRT.

Josset Sébastien, «Décontamination photocatalytique d'un bioaérosol contaminé par Legionella pneumophila et autres agents biologiques. Contribution à la conception de dispositifs de décontamination de l'air». Thèse soutenue le 17 octobre 2008. Co-Direction : M.-C. Lett (GMGM/EMMO) et V. Jeller-Spitzer (ICPEES).

Yang Jianming, «Etude du vieillissement de catalyseurs en mode pauvre et riche pour la dépollution automobile». Soutenue le 25 février 2008. Directeurs de thèse : P. Gilot (GRE) et F. Garin (ICPEES). Cofinancement Région Alsace.

Ibticem Nadjar, «Effet de la présence d'hydrocarbures et de vapeur d'eau sur l'oxydation catalytique du monoxyde de carbone». Soutenue le 18 décembre 2003. Co-direction : P. Ehrburger (GRE) et G. Maire (ICPEES). Cofinancement : Région Alsace - PSA .

NGuyen Yvonne, «Recherche d'une phase catalytique à base d'oxydes mixtes pour la combustion des particules. Etude du contact entre le matériau carboné et le catalyseur». Soutenue le 28 mai 2003. Codirection : J.F. Brillhac (GRE) et C. Petit (ICPEES). Financement : Renault S.A.

DEA en commun entre le GRE et l'ICPEES

Malak Sayed, « Reformage du méthanol pour génération d'hydrogène pour l'application pile à combustible». DEA soutenu en juillet 2002 à l'UHA.

Ali Hoteit, «Effet de l'ajout de composés alcalins sur l'activité des catalyseurs Cu/Al : application au vaporeformage catalytique du méthanol». DEA soutenu en Juin 2003 à l'UHA.

May Issa, «Etude théorique et expérimentale de l'oxydation catalytique du noir de carbone : Influence du contact entre solides». DEA soutenu en juin 2005 à l'UHA.

Publications communes avec Comité de Lecture

Entre GRE et ICPEES

D.L. Wu, V. Tschamber, L. Limousy, L. Michelin, A. Westermann, B. Azambre, I. Fechete, F. Garin, «A combined study in fixed-bed reactor and in-situ DRIFTS of NO adsorption on a NSR catalyst in the presence of water», *Chemical Engineering & Technology*, 2014, Accepté.

Klein, J., Wu, D., Tschamber, V., Fechete, I., Garin, F., « Carbon-NSR catalyst interaction: Impact on catalyst structure and NOx storage efficiency », *Applied Catalysis B: Environmental* 132-133 (2013) 527-534.

J. Klein, I. Fechete, V. Bresset, F. Garin, V. Tschamber, Effect of carbon black combustion on NOx trap catalyst performances. *Catalysis Today*, Volume 189, Issue 1, 2012, Pages 60-64

M. Issa, C. Petit, H. Mahzoul, A. Aboukaïs, J-F. Brillhac, EPR and SEM characterizations of the contact between carbon black and cerium oxide. *Topics in Catalysis*, Volume 52, December 2009, Pages 13-20

M. Issa, C. Petit, A. Brillard, J-F. Brillhac, Oxidation of carbon by CeO₂: Effect of the contact between carbon and catalyst particles. *Fuel*, Volume 87, Issue 6, May 2008, Pages 740-750

J. Yang, V. Tschamber, D. Habermacher, F. Garin, P. Gilot, Effect of sintering on the catalytic activity of a Pt based catalyst for CO oxidation: Experiments and modeling. *Applied Catalysis B: Environmental*, Volume 83, Issues 3-4, September 2008, Pages 229-239

M. Labaki, M. Mokhtari, J.F. Brillhac, S. Thomas, V. Pitchon. Simulation of NO and NO₂ sorption-desorption-reduction behaviours on Pt impregnated HPW supported on TiO₂. *Applied Catalysis B*, Issues 3-4, pp. 386-394, 2007

A. Houteit, H. Mahzoul, P. Ehrburger, P. Bernhardt, P. Legare, F. Garin, Production of hydrogen by steam reforming of methanol over copper-based catalysts: The effect of cesium doping. *Applied Catalysis A: General*, 306, 22-28, 2006

Y. Nguyen Huu Nhon, J.-F. Brillhac, C. Petit, RECP - A reactor designed to test the effect of a catalyst on soot oxidation in a Diesel Particulate Filter, *Chem. Eng. Technol.*, 27, 781-782, 2004.

L. Limousy, H. Mahzoul, J.F. Brillhac, P. Gilot, F. Garin, G. Maire, A study of the regeneration of fresh and aged SOx adsorbers under reducing conditions, *Applied catalysis B : Environmental*, Vol 45, Issue 3, 169-179, 2003

L. Limousy, H. Mahzoul, J.F. Brillhac, P. Gilot, F. Garin, G. Maire, SO₂ sorption on fresh and aged SOx traps, *Applied catalysis B : Environmental*, Vol 42, Issue 3, 237-249, 2003

Entre GMGM/EMMO et ICPEES

S., Begin D., Edouard D., Pham-Huu C., Lett M-C., Keller N., Keller V. J. UV-Photocatalytic treatment of Legionella pneumophila bacteria contaminated airflows through three-dimensional solid foam structured photocatalytic reactors. *Josset S., Hajjesmaili Hazardous Materials*, 175 : 372-381 (2010)

Josset S., Taranto J., Keller N., Keller-Spitzer V., and Lett M-C. Photocatalytic treatment of bioaerosols: impact of the reactor design. *Envir. Sciences & Technol*, 44(7):2605-11 (2010)

Goulhen-Chollet F., Josset S., Keller N., Keller-Spitzer V. and Lett M-C A biochemical approach of UV-A photocatalysis over microorganisms through 1D and 2D protein electrophoresis. *Catalysis Today* 147 (2009), pp. 169-172

Josset S., Keller N., Lett M-C., Ledoux M., Keller V. Numeration methods for targeting photoactive materials in the UV-A photocatalytic removal of microorganisms. *Chem. Soc. Rev.* 37 : 744-755 (2008).

Josset S., Taranto J., Keller N., Keller V., Lett M-C., Ledoux M., Bonnet V., Rougeau S. UV-A photocatalytic treatment of high flow rate air contaminated with Legionella pneumophila. *Catalysis Today* 129 (1-2) : 215-222 (2007)

Brevets communs

Entre ICPEES et GRE

Y. Nguyen, C. Petit, J.F. Brillhac, M. Guyon, N. Moral, Procédé de préparation d'un catalyseur, catalyseur et utilisation pour la combustion des suies. N° de publication : 2 860 734, Date de publication : 15/04/2005, Brevet déposé par Renault SA.

Entre ICPEES et GMGM/EMMO

Device for purifying gaseous media and method implementing said device. V. Bonnet, N. Keller, V. Keller, M.J. Ledoux, M.C. Lett, S. Josset, J. Taranto. PCT/FR/2007/001593, 2007.

THEMATIQUE RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES

Thèses de Doctorat menées en commun

Eleuterio Julian, "La sensibilité de l'évaluation économique du coût des dommages engendrés par les inondations aux choix des modèles hydrauliques et aux types de dommages pris en compte". Soutenue le 30 novembre 2012. Co-direction R. Mosé (IMFS, ENGEES) et Anne Rozan (GESTE, ENGEES). Financement bourse présidence de l'Uds (contrat doctoral).

Heitz, C., « La perception du risque de coulées boueuses. Analyse sociogéographique et apports en économie comportementale ». Soutenue le 27 novembre 2009. Co-direction : S. Glatron (LIVE) et S. Spaeter (BETA). Bourse présidence ULP.

Beck Elise, Interactions entre les risques sismiques et les risques technologiques : Application au milieu urbain». Soutenue le 28 septembre 2006. Directeurs de thèse C. Weber (LIVE) et M. Granet (IPGS). Bourse MRT.

Publications communes avec Comité de Lecture

Entre le GESTE et BETA, le LIVE et le LHyGeS

Heitz, C., Spaeter, S., Auzet, A-V, Glatron, S., 2009. Local stakeholders' perception of muddy flood risk and implications for management approaches: A case study in Alsace (France). Land Use Policy, 26 (2). 443-451.

Heitz C, Spaeter S., Glatron S. et A.-V. Auzet, 2008, « Perception of risk of natural disasters related to muddy flows by local actors of peri urban territories», Land Use Policy, 26(2), 443-451.

Entre le GESTE et le LHyGeS/TREHA

Eleuterio J., Payraudau S., Rozan A., 2008, « Sensibilité de l'évaluation des dommages associés aux inondations en fonction de la caractéristique de la vulnérabilité des bâtiments, Ingenieries E.A.T., n°55-56, 29-44.

Entre le LIVE et l'IPGS

Stumpf A., Kerle N., Puissant A., Lachiche N., Malet J-P., 2012, Adaptive spatial sampling with Active Random Forest for object-oriented landslide mapping, IGARSS 2012, 22-27 July 2012, Munich, 6p.

Entre le GRE et le CERDACC

J.-F. Brillhac, O. Thibault, Analyse des risques sur un territoire : ébauche d'une nouvelle méthode globale, Techniques de l'ingénieur, AG1586, 2009

K. Favro, J.-F. Brillhac, O. Thibault, Risques et Territoires : Contribution à une approche globale (Les dimensions territoriales du risque), Préventique-Sécurité, n°105, pp 36-40, mai-juin 2009

K. Favro, J.-F. Brillhac, O. Thibault, Risques et Territoires : Contribution à une approche globale (La définition d'une méthode pertinente), Préventique-Sécurité, n°106, pp 30-34, juillet-aout 2009

Ouvrage entre le LIVE, le GESTE et le LHyGeS/TREHA

Payraudeau S., Glatron S., Rozan A., Eleuterio J., Auzet A.-V., Weber C., Liebault F., 2008, "Inondation en espace péri-urbain : convoquer un éventail de disciplines pour analyser l'aléa et la vulnérabilité de la Basse-Bruche (alsace), in Vulnérabilité sociétales, risques et environnement. Comprendre et évaluer, l'Harmattan éditions, pp. 257-269.

Les interactions avec le monde socio-économique

L'animation du réseau REALISE a permis la création d'une réelle interface entre la recherche et les structures dédiées à l'innovation, notamment par le développement de collaborations avec les pôles de compétitivité (Pôle Energivie, Hydréos, Fibres, Véhicule du Futur) et les CRITTs (Matériaux, Rittmo, Aérial). Outre leur participation aux travaux scientifiques de ces structures et la mise en place de contrats, des équipes du réseau REALISE sont représentées aux Conseils d'Administration de plusieurs structures (Pôle HYDREOS, Pôle Véhicule du Futur, CRITT Rittmo).

La compétitivité et l'attractivité des laboratoires renforcées par le renouvellement des équipements scientifiques, ainsi que l'implication dans des domaines R&D à fort impact environnemental et économique, leur a facilité l'accès à des Programmes d'Investissement d'Avenir (LabEx, IdEx, EquipEx), des projets européens (7^{me} Programme Cadre de Recherche et Développement, Interreg, FEDER, etc.) et de nombreux financements par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Ce renforcement des compétences des laboratoires de recherche s'est également concrétisé par le dépôt de brevets et la création de deux start-up.

L'effet levier du financement d'équipements par le CPER se traduit plus particulièrement par des collaborations et la signature de nombreux contrats avec des entreprises régionales, nationales et internationales, des Etablissements Publics à Caractère Industriel et Commercial (EPIC), des Etablissements Publics à caractère Administratif (EPA), des collectivités territoriales et des associations chargées de la surveillance de la qualité de l'environnement. Les aides financières obtenues par ce biais permettent de co-financer de gros équipements et d'acquérir des équipements complémentaires, de couvrir une partie des frais de fonctionnement des laboratoires et de financer des thèses et des post-doctorats.

Notons également que le réseau REALISE est devenu l'interlocuteur principal du Réseau des éco-entreprises d'Alsace, depuis la création de ce réseau en 2005. En effet, la convention qui lie les deux réseaux met en avant le développement de relations entre le monde de la recherche et le monde socio-économique alsacien, représenté notamment par les PME et TPE travaillant dans le domaine de l'environnement. Des visites de laboratoires ont été organisées pour favoriser une connaissance mutuelle des partenaires et créer un climat de confiance, préalable nécessaire à toute collaboration durable.

Travaux de recherche en lien avec des structures dédiées à l'innovation

Programmes d'Investissement d'Avenir		
Laboratoires de REALISE impliqués	Thématique	Structure dédiée à l'innovation
ICPEES	Développement des composites à base de graphène décoré avec une couche de polymère conducteur et des nanoparticules d'oxyde de fer pour le stockage d'énergie électrochimique	Financé dans le cadre du LabEx NIE (Nanostructures en Interaction avec leur Environnement). Ce projet regroupe trois instituts sur le Campus de Cronenbourg qui sont : l'ICPEES, l'ICS et l'IPCMS.
ICPEES	Supercapacitors based on graphene/PEDOT/ metal oxide nanoparticle systems	Projet LaBex 2012-2014 Partenaires : Institut Charles Sadron, IPCMS
ICPEES	Synthèse des systèmes catalytiques hybrides à base de particules d'or déposées sur une surface de graphène multi-feuillets	Initiative d'Excellence (IdEX), Université de Strasbourg, 2012-2014
LHyGeS/TREHA	Biochimie aux interfaces micro-organismes-eau-minéraux	Projet BioGeoLink : Initiative d'Excellence (IdEX), Université de Strasbourg, 2013
OHGE et IPGS	Étude spatiale et temporelle de la zone critique des bassins versants	Projet EQUIPEX CRITEX. Programme ANR-Grand emprunt, 2013-2017

Contrats de recherche dans lesquels des Entreprises sont impliquées		
Laboratoires de REALISE impliqués	Thématique	Type de contrat et partenaires
IPGS/GE	TransFlow, Flow in Transforming Porous Media	Projet européen ITN (Initial Training Network). Partenaires académiques : Université de Glasgow, d'Hebrew, de Münster, d'Oslo, de Warsaw, de Copenhagen et l'Isterre-Grenoble. Partenaires privés : PetroMarker, IEI Israel Energy Initiative, Iris, Magnitude, Amphos, CSIRO. 2013-2016
LHyGeS/TREHA	Modélisation bio-géochimique de la lixiviation du cuivre	CNRS-BioSigma, Bioleaching Joint Venture Santiago - Chili. 2011-2015
LBM	Recherche de composés spécifiques de la vulcanisation dans les réservoirs pétroliers carbonatés	Total Recherche & Développement Exploration et Production. 2009
LBM	Modélisation de la cinétique d'évolution et de l'influence des différents composés chimiques des huiles moteurs sur leurs performances	Total/PSA-Peugeot-Citroën/Lubrizol. + bourse CIFRE cofinancée. 2010-2013

ICPEES : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé

IPGS/GE : Institut de Géophysique du Globe de Strasbourg/Equipe Géophysique Expérimentale

LBM : Institut de Chimie de Strasbourg, Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire

LHyGeS/ TREHA : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés

OHGE : Observatoire Hydrogéochimique de l'Environnement

Laboratoires de REALISE impliqués	Thématique	Type de contrat et partenaires
ICube	Gestion intégrée des rejets d'assainissement côtiers (GIRAC)	Mené conjointement par VEOLIA Eau, IFREMER, METEO France, LITTORALIS et en partenariat avec le CEMAGREF d'Anthony et l'ENGEES. 2007-2010
ICube	Création d'un canal venturi trapézoïdal	Convention d'études entre l'ENGEES, le GEMCEA et la société Endress+Hauser. 2006
ICube	Test d'un nouveau venturi	Convention d'études entre l'ENGEES et la société Endress + Hauser. 2008
ICube	Expertise et modélisation des décanteurs lamellaires	Convention d'études entre l'ENGEES et la société Hydroconcept. 2008-2009
ICube	Modélisation du cyclonsep	Convention d'études entre l'ENGEES et la société Hydro-concept. 2010-2013
ICube	étude hydraulique des venturis ISMA à section exponentielle	Convention d'études entre l'ENGEES et la société ISMA (Oséo). 2009-2010
ICube	étude hydraulique du site de Milan à Mulhouse	Convention d'études entre l'ENGEES et la Lyonnaise des Eaux. 2010-2011
ICube	étude hydraulique du site de Branly à Colmar	Convention d'études entre l'ENGEES et la Lyonnaise des Eaux. 2010-2011
ICube	étude hydraulique des ouvrages de Besançon	Convention d'études entre l'ENGEES et la Lyonnaise des Eaux. 2011
ICube	étude hydraulique de 6 déversoirs à Colmar	Convention d'études entre l'ENGEES et la Lyonnaise des Eaux. 2012-2013
GMGM/AIME	étude d'un biofiltre-pilote pour éliminer le dichlorométhane présent dans les effluents gazeux d'une station d'épuration industrielle	Projet BIO-DCM. ADEME – Région Alsace avec la TPE Algotec. 2010-2012
IREBS	Contrat de valorisation des déchets	Valmiane. Financement ADEME- Région Alsace- Société SOMEZ (Société Méditerranéenne des zéolithes). 2011-2013
IREBS	Le rôle d' <i>Acidithiobacillus</i> dans la dégradation des ciments	Collaboration avec l'Ecole des Mines de Douai et le Groupe Kernéos (Lafarge Alumines).
LCMB	étude des mécanismes réactionnels régissant l'effet de barrière à l'oxygène de certains additifs pour polymère	Collaboration de recherche avec la société Clariant (Clariant Produkte Schweiz AG - Suisse).
LIVE/EPAC	étude de l'impact de l'aviation sur la composition atmosphérique et sur le climat.	Projet IMPACT. Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD), le Centre Européen de Recherche et Formation Avancée en Calcul Scientifique (CERFACS), le Centre National de Recherches Météorologiques, Groupe d'études de l'Atmosphère Météorologique (CNRM-GAME), et la Société Nationale d'Etudes et Construction de Moteurs d'Aviation (SNECMA). Ce projet est financé par la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC). 2012-2016.

GMGM/AIME : Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie, Département « Microorganismes, Génomes, Environnement », Equipe « Adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement »

ICube : Laboratoire des sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie, Département Mécanique, Equipe Mécanique et Environnement

IREBS : Institut de Recherche de l'Ecole de Biotechnologies de Strasbourg, Département « Biotechnologie et signalisation cellulaire, Equipe « Transports membranaires bactériens »

LCMB : Laboratoire de Chimie Moléculaire, Equipe de Chimie Médicinale et Bioorganique

LIVE/EPAC : Laboratoire Image Ville Environnement/Equipe Energie Pollution de l'Air et Climat

Laboratoires de REALISE impliqués	Thématique	Type de contrat et partenaires
GRE	étude expérimentale et modélisation de l'oxydation de suies Diesel	Contrat industriel avec Renault S.A. Post-doctorat de M. Mohktari. 2003
GRE	Influence de l'apport d'H ₂ et de CO dans les gaz d'échappement pour le fonctionnement des NOx trap	Contrat industriel PSA. Post-doctorat de M. Martin-Cogneville. 2002-2003
GRE	étude de la combustion de suies Diesel au contact d'un catalyseur de type piège à NOx. Etude de l'effet de l'OSC	Contrats industriels avec PSA et PSA/Johnson Matthey. Post-doctorats de F. Jacquot et J.-L. Freytz. 2002-2005
GRE	Caractérisation fonctionnelle d'un piège à NOx pour moteur IDE	ADEME PREDIT IFP/PSA. Post-doctorat de S. Dorge. 2003-2006
GRE	étude du contact catalyseur-suies	Renault SA. DEA de May Issa. 2005
GRE	évaluation de solution de réduction des émissions polluantes (gazeuses et particulaires) d'appareils de chauffage résidentiels alimentés à la biomasse	Contrat de recherche ADEME/CSTB/LGRE/Fondis SA/D2I, INVICTA/LORFLAM/PYROLITHE/TEN n°0801C0018. 2008-2011
GRE	Mise au point d'un procédé de traitement catalytique des émissions issues du chauffage domestique au bois	Contrat de recherche ADEME/Fondis SA/LGRE n°05.01C.0058. Post-doctorat de F. Ozil. 2005-2007
GRE	étude des réactions d'oxydation des hydrocarbures et de CO sur les catalyseurs d'oxydation utilisés dans la ligne d'échappement des moteurs Diesel	Thèse de Nadjar Ibticem. Cofinancement Région Alsace - PSA. Soutenue le 18 décembre 2003
GRE	Recherche d'une phase catalytique à base d'oxydes mixtes pour la combustion des particules. Étude du contact entre le matériau carboné et le catalyseur	Thèse de Yvonne N'Guyen. Financement Renault S.A. Soutenue le 5 avril 2003
GRE	Conception d'un pilote semi-industriel pour l'étude de l'incinération des bois traités CCA. Comportement des éléments cuivre, chrome et arsenic au cours du traitement.	Thèse de Jérôme Rauch. Financement TREDI. Soutenue le 30 septembre 2003
ICPEES	Démonstration de la faisabilité technique et économique d'une boucle de stockage / déstockage d'électricité renouvelable sur méthane de synthèse au moyen d'un électrolyseur à haute température réversible	ANR «DEMETER». Porteur CEA Grenoble. Partenaires ARMINES, GEC (Gaz Electricité de Grenoble), SAIPEM SA, INERIS. 2012 - 2014
ICPEES	Valorisation Industrielle et Energétique du CO ₂ par utilisation Efficace d'Electricité décarbonée Stabilisation du Système Electrique et Stockage d'Electricité	ANR «VITESSE ² ». Porteurs : RHODIA. Partenaires : Véolia, Areva, Air Liquide, RTE, CEA, LMSPC (Starsbourg), LRGP (Nancy). 2010 - 2013
ICPEES	Programme commun de développement technologique portant sur l'étude du potentiel d'une solution de vaporéformage des gaz d'EGR à l'admission afin de REDuire la CONSommation et les émissions de NOx des Moteurs Essence	ANR «RECONOME». Porteurs : G. Blanchard (Peugeot Citroen Automobiles). Partenaires : FAURECIA, RHODIA, LACCO (Poitiers), ENSICAEN (Caen). 2007- 2010
ICPEES	Understanding and minimizing anode degradation in hydrogen and natural gas fuelled SOFCs	Projet européen ROBANODE. Partenaires : Université de Clausthal (Allemagne), Université d'Athènes (Grèce), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse), Conseil Supérieur Scientifique de Madrid (Espagne) et Saint Gobain (Paris). 2010 - 2012

ICPEES : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé

GRE : Laboratoire Gestion des Risques et Environnement, Mulhouse

Laboratoires de REALISE impliqués	Thématique	Type de contrat et partenaires
ICPEES	Synthèse et développement de nouveaux catalyseurs sans métaux à base de nanotubes d'ecarbonate dopés à l'azote	Projet européen FREECATS. Ce projet de recherche regroupe sept partenaires académiques qui sont l'Université de Lille-I, le CSIC de Saragosse (Espagne), l'ICCOM de Florence (Italie), l'Université de Trondheim (Norvège), l'Université de Warwick (Angleterre), l'Université de Porto (Portugal), et trois partenaires industriels qui sont les sociétés SICAT (France/Allemagne), Advantech (Portugal) et Prototech (Norvège). 2012 -2015
LCSE	Enquête auprès des acteurs concernés par la protection et la réintroduction du hamster.	Financement conjoint Fond de Recherche pour la Biodiversité (Ministère de l'environnement) et Société LU. 2010-2012
GESTE, ICube, et LHyGeS/ TREHA	Gestion des inondations	Contrat Fondation MAIF, bourse de thèse. 2009-2012
CDES	Les perspectives de transposition en droit français des textes communautaires en matière de responsabilité des entreprises	Contrat de recherche, 2005-2007. Co-financement Région Alsace. Autres partenaires : CCI Strasbourg, Union des Industries du Bas-Rhin, Alsace Nature

CDES : Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg - Laboratoire Sociétés, Acteurs, Gouvernement en Europe

GESTE : Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement -ENGEES

ICPEES : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé

ICube : Laboratoire des sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie, Département Mécanique, Equipe Mécanique et Environnement

LCSE : Laboratoire de Cultures et Sociétés en Europe, MISHA, Strasbourg

LHyGeS/ TREHA : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés

Contrats de recherche dans lesquels des Etablissements Publics à caractère Industriel et Commercial sont impliqués

Laboratoires de REALISE impliqués	Thématique	Type de contrat et partenaires
LBM et LIVE	Les Archives Pédologiques, un Outil pour la GEstion des Ecosystèmes, Nouvelles approches, limites temporelles et résolution écosystémique	Projet financé par l'ADEME dans le cadre du programme GESSOL 3 (programme de recherche sur la gestion du patrimoine sol). Autre partenaire : Geologisches Institute, ETH - Zürich (S.Bernasconi). 2011-2013
LHyGeS/GICE	Modélisation intégrée des ressources en eaux des aquifères du socle -MOHINI	ANR. Porteur : BRGM. Autre partenaire : Université de Rennes. 2008-2011
LHyGeS/GICE	Caractérisation radiologique de l'environnement de surface de la zone de l'Observatoire Pérenne de l'Environnement du Centre de Meuse / Haute-Marne	AREVA Volet n°2. étude des sols. Collaboration LHyGeS-IRSN-ANDRA IRSN (L. Pourcelot) - ANDRA (Sébastien Conil). 2010-2013
LHyGeS/TREHA	Développement d'un code multiphasique	Projets R&D ADEME « pollutions de sols. 2012-2014
LHyGeS/TREHA	Développement d'un préleveur multiniveaux	Projets R&D ADEME « pollutions de sols ». 2011-2014
LHyGeS/TREHA et GMGM/AIME	ELISE : évaLuation In situ de l'impact des produits phytosanitaires sur les eaux Souterraines et les Écosystèmes associés de la plaine alluviale de l'Ariège	FEDER – Agence de l'Eau Adour – Garonne – BRGM. 2012-2014
GMGM/AIME	Développement d'un bioindicateur moléculaire normé d'une activité bactérienne spécifique: Analyse des gènes <i>rrnA</i> et <i>amoA</i> par PCR quantitative	ADEME, „DJAEN (resp. CRITT Rittmo). 2010-2012
GESTE	Valorisation des biens environnementaux sur le Rhin et la bande rhénane/ Les mesures compensatoires: un indicateur du coût environnemental	Convention VNF-ENGEES, bourse de thèse. 2007-2011.
CDES	Valorisation des biens environnementaux sur le Rhin et la bande rhénane/ La compensation environnementale, la notion juridique et son application	Convention VNF-CDES, bourse de thèse. 2007-2012.
ICPEES/LPCA	Étude modèle de l'exposition de végétaux à la pollution atmosphérique : utilisation d'une réponse enzymatique comme bio-indicateur (BIO-ATMO)	PNETOX (MATE) via ADEME. Partenaire : IBMP (Strasbourg). 2005-2008
ICPEES/LPCA	Analyseur du formaldéhyde dans l'air – Réalisation d'un prototype transportable automatisé et piloté.	PRIMEQUAL APR air intérieur (MEEDDAT & ADEME). 2009-2012

CDES : Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg - Laboratoire Sociétés, Acteurs, Gouvernement en Europe

GESTE : Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement -ENGEES

ICPEES/ LPCA : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé, Equipe Physico-Chimie de l'Atmosphère
GMGM/AIME : Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie, Département « Microorganismes, Génomes, Environnement », Equipe « Adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement »

LBM : Institut de Chimie de Strasbourg, Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire

LHyGeS/ GICE : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Géochimie Isotopique et Chimie de l'Environnement

LHyGeS/ TREHA : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés

LIVE : Laboratoire Image Ville Environnement

Laboratoires de REALISE impliqués	Thématique	Type de contrat et partenaires
ICPEES/LPCA et CAMB	Développement d'un modèle cellulaire prédictif du rôle des polluants du milieu intérieur dans la survenue et la sévérité des allergies respiratoires	PRIMEQUAL APR air intérieur (MEEDDAT & ADEME). 2009-2012
ICPEES/LPCA et LIVE/EPAC	Caractérisation détaillée de l'air intérieur des bâtiments BBC par couplage entre Mesures Expérimentales Représentatives et Modélisation Air Intérieur Détaillée (MERMAID)	PRIMEQUAL APR Environ. intérieurs (MEEDDAT & ADEME). Autres partenaires : PC2A (Lille), EMD (Douai), ASPA (Strasbourg), LaSIE (La Rochelle), 2012-2015
LIVE/EPAC	Développement d'un modèle multi-échelle de calcul des dépenses énergétiques des bâtiments	Thèse ADEME de M. Dasaraden Mauree. 2009-2014
GRE	Développement d'une méthode de modélisation pour l'évaluation de la performance de stratégies de sécurité incendie dans les bâtiments	Thèse de Anne Muller, soutenue le 8 décembre 2010. Bourse CIFRE/CSTB

Contrats de recherche dans lesquels d'autres structures sont impliquées

Laboratoires de REALISE impliqués	Thématique	Type de contrat et partenaires
LBM	étude qualitative des constituants de poix d'époque gallo-romaine du site de Petre de Bin à Vielle Saint-Girons (Landes)	GRAPBA (Groupement de recherche Archéologique de Pays de Buch et de l'Agenais). 2012
ICube	étude hydraulique des ouvrages de déversement	Convention d'études entre l'ENGEES et la Communauté Urbaine de Clermont Ferrand. 2010-2011
ICube	étude hydraulique des ouvrages de déversement	Convention cadre de R&D entre l'ENGEES et la Communauté Urbaine de Strasbourg. 2011-2014
ICube	étude hydraulique des ouvrages de déversement	Convention d'études entre l'ENGEES et le SDEA. 2010-2011 et 2011-2012
ICube	étude hydraulique du bassin de Sucy	Convention d'études entre l'ENGEES et DSEA 94. 2012-2013
ICube	étude du fonctionnement des déversoirs d'orages	Convention d'études entre l'ENGEES et la Communauté de Communes de Benfeld. 2005-2007
GMGM/AIME	Diversité, transmission et évolution des déshalogénases microbiennes dans l'environnement	Bureau des Ressources Génétiques (avec T. Vogel, UMR 5557, Lyon). 2006-2007.
IPHC et LIVE	Une nouvelle méthodologie pour réduire les micropolluants dans les eaux de stations de traitement des eaux usées	Projet μ STEP -MAPS 2014. Partenaire SDEA.

CAMB : Laboratoire de Conception et Application de Molécules Bioactives, Equipe de biovectorologie

GMGM/AIME : Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie, Département « Microorganismes, Génomes, Environnement », Equipe « Adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement »

GRE : Laboratoire Gestion des Risques et Environnement, Mulhouse

ICPEES/ LPCA : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé, Equipe Physico-Chimie de l'Atmosphère

ICube : Laboratoire des sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie, Département Mécanique, Equipe Mécanique et Environnement

IPHC : Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, Equipe de Radiochimie

LBM : Institut de Chimie de Strasbourg, Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire

LIVE/EPAC : Laboratoire Image Ville Environnement/Equipe Energie Pollution de l'Air et Climat

Laboratoires de REALISE impliqués	Thématique	Type de contrat et partenaires
LHyGeS/ GICE	Chemische und Isotopische Zusammensetzung industrieller Emissionen und ihre Verbreitung im urbanen Raum Kehl-Strasbourg	Etude pour la Ville de Kehl. 2009-2011
LHyGeS/ GICE	Caractérisation chimique et minéralogique des verres issus d'installations de traitement des déchets domestiques	OFEFP/CNRS, 3 contrats. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage-Suisse. 1998-2004
GESTE et LHyGeS/ GICE	Application de la méthode HEP au Polder d'Erstein	Contrat ENGEES-ONEMA. 2011-2013
GRE	Méthode pour une approche globale de l'analyse des risques en entreprise	Thèse de Audrey Dassens, soutenue le 8 février 2007. Financement Conseil Général des Deux-Sèvres
LIVE/EPAC et ICPEES/ LPCA	Projet Life+ OPERA qui vise à optimiser les stratégies de réduction de la pollution de l'air	Autres partenaires : ARPA, Università di Brescia, JRC, TERRARIA, ASPA. 2010-2013.
LIVE/EPAC et ICPEES/ LPCA	Evaluation de la mise en place des plans de la qualité de l'air. Appui à la mise en place de la nouvelle directive européenne sur l'air.	FP7 APPRAISAL. 2009-2012 Autres collaborations : JRC, VITO, SKYKE, INERIS, AUTH, UAVR, SRI, TERRARIA, CIEMAT, ULB, BSC-CNS, UBA, ASPA
ICPEES/ LPCA et LIVE/EPAC	Caractérisation détaillée de l'air intérieur des bâtiments BBC par couplage entre Mesures expérimentales représentatives et Modélisation Air Intérieur Détaillée (MERMAID) S. Le Calvé ICPEES/LPCA), Responsable du groupe de travail « Air Intérieur » du programme.	PRIMEQUAL APR Environ. intérieurs (MEEDDAT & ADEME), 2012-2015 Autres collaborations : LASIE, EMD, ASPA.

GESTE : Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement -ENGEES

GRE : Laboratoire Gestion des Risques et Environnement, Mulhouse

ICPEES/ LPCA : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé, Equipe Physico-Chimie de l'Atmosphère

LHyGeS/ GICE : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Géochimie Isotopique et Chimie de l'Environnement

LIVE/EPAC : Laboratoire Image Ville Environnement/Equipe Energie Pollution de l'Air et Climat

Partenariats et contrats avec des Pôles de compétitivité et autres structures liées à l'innovation et au transfert de technologie

Laboratoires de REALISE impliqués	Thématique	Structure dédiée à l'innovation
ICPEES/LPCA	Réseau de CAPteurs de FormaldEhyde intelligents pour la surveillance de l'air INtérieur (CAPFEIN) – projet labellisé en avril 2011. Miniaturisation des mesures de formaldéhydes ANR ECOTECH 2012-2015. Partenaires: LMSPC-LCOSA (Strasbourg) et LIPHT-G2IP (Strasbourg)	Pôle Energivie
ICPEES / LPCA	MINIaturisation d'un analyseur de FORMALdéhyde en temps réel dans l'AIR (MINIFORMALAIR) Partenaires : LMSPC-LCOSA (Strasbourg, LIPHT-G2IP (Strasbourg)	SATT Conectus (Fonds de maturation). 2011-2013
GRE	Étude de la combustion de bioressources et caractérisation des polluants générés (gaz et particules)	Pole Energivie
LIVE/EPAC, LHyGeS/ TREHA, ICPEES, GRE, GMGM/AIME	Interreg Offensive Science OUI-BIOMASSE Évaluation de l'impact potentiel croissant de la biomasse comme bio-énergie dans la Région du Rhin Supérieure Autres Collaborations : KIT,-ITAS, KIT-DFIU, FHNW-IEC, DUW, ASPA	Pole Energivie
ICPEES	Labellisation de l'ANR «MECAGRAPH» (2011 - 2013) : synthèse de graphène par voie mécanique	Pôle Energivie
GRE	Étude des systèmes de post-traitement des gaz d'échappements des sources mobiles	Pôle Véhicule du Futur
ICPEES	Le laboratoire fait partie à part entière de ce pôle depuis sa création	Pôle du Véhicule du Futur
ICube	Méthodologie et outils opérationnels de conception et de qualification de sites de mesures en réseau d'assainissement MENTOR 2015 labélisé par le pôle de l'Eau HYDREOS et financé par l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR)	Pôle HYDREOS
ICube	Inondation en ville	Pôle HYDREOS
ICube	Système d'alerte aux inondations Partenaires : Egis Eau, Isody, Météo France, CETE de l'Est, Grand Nancy	Fonds Unifié Interministériel
ICPEES	ANR SAFECOAT : Solar light-activated photocatalysts and functionalized textiles for self-decontaminating individual protection against toxic agents. ANJR Franco-allemande, 2012-2015	Pôle Fibres

GMGM/AIME : Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie, Département « Microorganismes, Génomes, Environnement », Equipe « Adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement »

GRE : Laboratoire Gestion des Risques et Environnement, Mulhouse

ICPEES/ LPCA : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé, Equipe Physico-Chimie de l'Atmosphère

ICube : Laboratoire des sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie, Département Mécanique, Equipe Mécanique et Environnement

LHyGeS/ TREHA : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés

LIVE/EPAC : Laboratoire Image Ville Environnement/Equipe Energie Pollution de l'Air et Climat

Laboratoires de REALISE impliqués	Thématique	Structure dédiée à l'innovation
ICPEES	ANR Emergence «MECAGRAPH» : synthèse de graphène par voie mécanique. 2011 - 2013 Partenaire : ICPMS	FIST SA (Paris)
ICPEES	RETINO2. Photocatalyse : développement d'une rétine artificielle. 2010 - 2012	OSEO - ANVAR
ICPEES	Labellisation de l'ANR «RETINO 2» : photocatalyse. 2012 - en cours	Biovalley
ICPEES	Projet GRAPHIC. Synthèse de graphène par amincissement mécanique. 2010 - 2012	SATT Conectus - OSEO
IREBS	Bioremédiation des sols pollués par des métaux	CRITT Rittmo
LHyGeS/TREHA et GMGM/AIME	Recherche des sources et puits de contaminants organiques par analyse isotopique FP7-PEOPLE-2010-ITN (7ème PCRD), 2010- 2014	CRITT Rittmo
GMGM/AIME	Développement d'outils de bioindication PCR pour l'évaluation des matières fertilisantes	CRITT Rittmo et ADEME

GMGM/AIME : Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie, Département « Microorganismes, Génomes, Environnement », Equipe « Adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement »

ICPEES : Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé

IREBS : Institut de Recherche de l'Ecole de Biotechnologies de Strasbourg, Département « Biotechnologie et signalisation cellulaire, Equipe « Transports membranaires bactériens »

LHyGeS/ TREHA : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Equipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés

Brevets déposés

Institut de Chimie des Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé et Laboratoire Gestion des Risques et Environnement

- Y. Nguyen, C. Petit, J.F. Brilhac, M. Guyon, N. Moral, Procédé de préparation d'un catalyseur, catalyseur et utilisation pour la combustion des suies N° de publication : 2 860 734. Date de publication : 15/04/2005. Brevet déposé par Renault SA.

Institut de Chimie des Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé et Génétique Moléculaire et Génomique Microbiologie/ Equipe Adaptation et Interactions Microbiennes dans l'Environnement

- V. Bonnet, N. Keller, V. Keller, M.-J. Ledoux, M.C. Lett, S. Josset, J. Taranto. Device for purifying gaseous media and method implementing said device. PCT/FR/2007/001593, 2007.

Institut de Chimie des Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé

- O. Rosseler, N. Keller, V. Keller, A. Louvet. Catalyseurs pour le traitement photocatalytique de milieux gazeux comprenant du monoxyde de carbone. Dépôt de la demande France N° 09-55755 FR2010051761.
- MN. Shankar, P. Bernhardt, V. Keller, N. Keller, S. Picaud, M. Roux, A. Robé, T. Cottineau. Rétine artificielle comprenant une couche en matériau photovoltaïque comprenant un semiconducteur à base de titane. Dépôt de la demande N° 09 58744 FR2010/052633.
- I. Janowska, D. Bégin, K.Chizari, O. Ersen, P.Bernhardt, T. Romero, M.J. Ledoux, C. Pham Huu. Préparation de graphène par amincissement mécanique de matériaux graphitiques. Dépôt de la demande France No. 09/05252, déposé le 03/11/2009- Extension PCT/FR 2010/000730 déposé le 4/11/2010.
- C. Pham-Huu, Y. Liu, D. Edouard, I. Janowska, T. Roméro, D. Bégin, M.-J. Ledoux. Réacteur à plaques pour la synthèse de Fischer Tropsch - dépôt de la demande France No 10-03777, 23/09/2010.
- C. Pham-Huu, N. Keller, M.-J. Ledoux, V. Keller, D. Bégin, M. Grandcolas, I. Janowska, S. Hajiesmaili. Photocatalyseurs à base de mousses tridimensionnelles structurées en carbone et notamment en B-SiC. - dépôt de la demande France N° 0805021, 12/09/2008 - Extension PCT/FR 2009/001093, déposé le 14/09/2009.
- I.Janowska, C.Pham Huu, O.Ersen, D.Bégin, M.-J. Ledoux. Procédé de préparation de graphènes. Dépôt de la demande France No. 09/00100, déposé le 12/01/2009.
- S. Hajiesmaili, S. Josset, D. Bégin, P. Bernhardt, T. Romero, C. Pham-Huu, M.-J. Ledoux, V. Keller, N. Keller. Photocatalyseurs à base de mousses tridimensionnelles structurées en carbone ou matériau carboné. -Extension PCT/FR 2009/001092, déposé le 14/09/2009 - licence en cours d'exploitation.
- M.-J. Ledoux, C. Pham-Huu, D. Bégin, P. Nguyen, J. Amadou, J.-P. Tessonier. Matériaux à base de nano-fibres ou nanotubes enchevêtrés, leur préparation et utilisation. French Patent Application No. 05 01105, 2005.
- M.-J. Ledoux, C. Pham Huu, D. Bégin, G. Ulrich, R. Ziessel, P. Nguyen, J. Amadou, J.-P. Tessonier, R. Vieira. Traitement de milieux aqueux comprenant des espèces hydrophobes par des matériau x nanostructurés à base de carbone. French Patent Application No. 05 01107, 2005.

Institut de Chimie des Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé/ Laboratoire de Physico-Chimie de l'Atmosphère

- S. Le Calvé, A. Allouch, P. Bernhardt, M. Guglielmino, Ch. A. Serra, Cellule de fluorescence microfluidique pour l'analyse en écoulement, en cours de soumission.

- S. Le Calvé, W. Zheng, J.-L. Ponche, P. Bernhardt, Dispositif et procédé de détermination de la concentration d'un composé dans une phase aqueuse ou gazeuse, brevet français FR2946751, publié le 17 décembre 2010.
- S. Le Calvé, W. Zheng, J.-L. Ponche, P. Bernhardt, Dispositif et procédé de détermination de la concentration d'un composé dans une phase aqueuse ou gazeuse, extension internationale déposé le 8 juin 2010 sous le n° PCT/WO2010FR051134.

Laboratoire Gestion des Risques et Environnement

- F. Haas, F. Ozil, V. Tschamber And G. Trouvé, Purification assembly having catalysts for gases and combustion fumes from solid fuel heating apparatus, Patent number WO 2009/144393 A1, 03 december 2009.
- F. Haas, F. Ozil, V. Tschamber And G. Trouvé, Fume box for a domestic heating appliance using solid fuel, Patent number WO 2010/076417, 08 juillet 2010.

Création de deux start-up par des laboratoires du réseau REALISE

Entreprise « BLOWIND » créée en 2006 à Schiltigheim

Activité : Développement et commercialisation de dispositifs de traitement de l'air par photocatalyse : destruction des micro-organismes en suspension, des odeurs et des Composés Organiques Volatils.

Applications : décontamination de l'air et stérilisation de surfaces.

Les deux laboratoires à l'origine de cette création sont l'équipe « Ecophysiologie moléculaire des micro-organismes » du laboratoire « Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie » (M.-C. Lett) et l'Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé (V. Keller-Spitzer, V. Keller et F. Garin).

Jérôme Taranto, Responsable R&D de l'entreprise, a fait un post-doctorat sur la photocatalyse à l'Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé sur cette thématique et a aidé à la validation de la photocatalyse pour l'élimination dans l'air des microorganismes aéroportés. Le travail de collaboration entre les deux laboratoires a permis le dépôt de 3 brevets (dont un commun aux deux laboratoires) concernant des systèmes de désinfections d'air. La création de la start-up BLOWIND est également basée sur ce travail.

Brevets :

- V. Bonnet, N. Keller, V. Keller, M.J. Ledoux, M.C. Lett, S. Josset, J. Taranto, Device for purifying gaseous media and method implementing said device. PCT/FR/2007/001593, 2007
- S. Hajiesmaili, S. Josset, D. Bégin, P. Bernhardt, T. Romero, C. Pham-Huu, M.J. Ledoux, V. Keller, N. Keller, Photocatalyseurs à base de mousses tridimensionnelles structurées en carbone ou matériau carboné. -Extension PCT/FR 2009/001092, déposé le 14/09/2009 - licence en cours d'exploitation
- C. Pham-Huu, N. Keller, M.J. Ledoux, V. Keller, D. Bégin, M. Grandcolas, I. Janowska, S. Hajiesmaili, Photocatalyseurs à base de mousses tridimensionnelles structurées en carbone et notamment en B-SiC. - dépôt de la demande France N° 0805021, 12/09/2008 - Extension PCT/FR 2009/001093, déposé le 14/09/2009

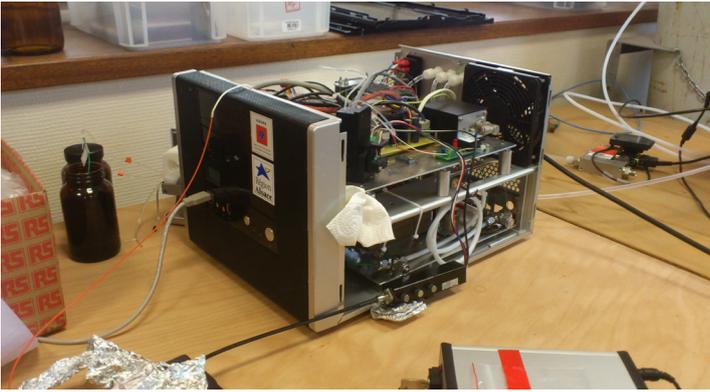
Thèse en rapport avec le développement du procédé :

- Sébastien Josset, «Décontamination photocatalytique d'un bioaérosol contaminé par *Legionella pneumophila* et autres agents biologiques. Contribution à la conception de dispositifs de décontamination de l'air». Soutenue le 17 octobre 2008. Direction : M.-C. Lett (GMGM/EMMO) et V. Keller-Spitzer (ICPEES).



Pilote de décontamination bactérienne

Entreprise «IN'AIR SOLUTIONS»



Le réseau REALISE a soutenu, à un moment clef, le développement d'une méthode d'analyse en temps réel du formaldéhyde qui a abouti à la réalisation de deux prototypes de l'analyseur de formaldéhyde automatique à l'ICPEES. Ce développement technologique a été valorisé par un brevet déposé par le CNRS en France puis étendu à l'international. Il a également mené à la création de la start-up «IN'AIR SOLUTIONS» (en cours) qui a reçu 3 prix distinctifs (voir ci-après).

Prototype de seconde génération de l'analyseur de formaldéhyde

Brevets :

- S. Le Calvé, A. Allouch, P. Bernhardt, M. Guglielmino, Ch. A. Serra, Cellule de fluorescence microfluidique pour l'analyse en écoulement, en cours de soumission.
- S. Le Calvé, W. Zheng, J.-L. Ponche, P. Bernhardt, Dispositif et procédé de détermination de la concentration d'un composé dans une phase aqueuse ou gazeuse, brevet français FR2946751, publié le 17 décembre 2010.
- S. Le Calvé, W. Zheng, J.-L. Ponche, P. Bernhardt, Dispositif et procédé de détermination de la concentration d'un composé dans une phase aqueuse ou gazeuse, extension internationale déposé le 8 juin 2010 sous le n° PCT/WO2010FR051134.

Post-doctorat de Stéphanette Englaro en tant que post-doc valorisation pendant 18 mois (février 2011 à aout 2012).

Lauréats ou prix de distinction honorifique liés à l'innovation

Institut de Chimie des Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé

Le projet GRAPHIC (I. Janowska, D. Bégin, M.J. Ledoux et C. Pham Huu) a été lauréat du concours national d'aide à la création d'entreprise de technologie innovantes - catégorie Emergence (prix MNSER - 2010)

Institut de Chimie des Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé/ Laboratoire de Physico-Chimie de l'Atmosphère

- Lauréat du concours national d'aide création d'entreprises de technologies innovantes 2011 en catégorie « Emergence ». Porteur de projet : S. Le Calvé,
- Lauréat du prix région Alsace 2011 pour le projet « In'Air solutions ». Porteur de projet : S. Le Calvé,
- Lauréat du concours national d'aide création d'entreprises de technologies innovantes 2013 en catégorie « Emergence ». Porteur de projet : S. Englaro.

Convention avec le Réseau des éco-entreprises d'Alsace

Depuis 2005, le réseau REALISE est lié par une convention au réseau des éco-entreprises d'Alsace composé d'une centaine de PME et TPE. Le réseau REALISE participe régulièrement aux réunions de ce réseau pour permettre un rapprochement des éco-entreprises avec ses laboratoires.

Ces dernières années, 5 visites de laboratoires ont été organisées :

- Visite de l'ICPEES le 21 janvier 2010
- Visite du LHyGeS le 26 avril 2010
- Visite du GRE le 12 janvier 2011
- Visite de l'IPHC et du LBM le 23 juin 2011
- Visite du LPCA/ IPCEES et du LIVE/EPAC le 25 octobre 2012.

Une visite du Laboratoire «Biotechnologie et signalisation cellulaire» de l'IREBS est programmée le 26 juin 2014.

Pour rendre ces visites accessibles aux visiteurs issus du monde de l'entreprise, nous avons réalisé des fiches de compétences mettant en avant les applications possibles des travaux de recherche de chaque équipe. Celles-ci sont sur les pages des laboratoires du site web de REALISE (realise.unistra.fr)

Contrats obtenus grâce au partenariat du réseau REALISE avec le réseau des éco-entreprises

- Institut de Recherche de l'Ecole de Biotechnologies de Strasbourg (IREBS), Département « Biotechnologie et signalisation cellulaire, Equipe « Transports membranaires bactériens »
Contrat de valorisation des déchets (Valmiane 2011-2013). Financement Ademe- Région Alsace- Société SOMEZ (Société Méditerranéenne des zéolithes).
- Génétique Moléculaire, Génomique et Microbiologie, Département « Microorganismes, Génomes, Environnement », Equipe « Adaptations et interactions microbiennes dans l'environnement ». Contrat avec l'ADEME, „DJAEN (resp. CRITT Rittmo) pour le développement d'un bioindicateur moléculaire normé d'une activité bactérienne spécifique: Analyse des gènes *rrnA* et *amoA* par PCR quantitative”, 2010-2012.

Les Thèses et Publications

Depuis la soutenance des premières thèses du réseau en 2003, année du véritable lancement du réseau REALISE, le nombre de thèses et de publications s'est accru d'année en année, profitant du développement et de la modernisation des moyens analytiques et du dynamisme créé par le développement progressif des synergies du réseau.

Ce dynamisme se traduit par la soutenance de 197 thèses de 2003 à avril 2014 et l'édition de 705 publications dans des revues à Comité de Lectures. Notons également l'essor de l'interdisciplinarité grâce à 18 thèses, 74 publications et 2 brevets communs à au moins deux équipes ou laboratoires.

Précisons que les thèses et les publications constituent le résultat tangible des laboratoires, évalué par des pairs, et c'est sur ces travaux que les tutelles évaluent l'activité scientifique des laboratoires.

Les thèses en cours

Thèses de Doctorat dans le cadre des travaux menés dans le réseau REALISE

AXE 1

Institut de Physique du Globe/ équipe "Géophysique Expérimentale"

Institut Hubert Curien/ équipe "Radiochimie"

Institut de Chimie de Strasbourg /Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire

Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg/ équipe "Processus Élémentaire et Modélisation "

Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg / équipe "Géochimie Isotopique et Chimie de l'Environnement"

Nejib Abidi - Interaction des argiles naturelles et les effluents teinturiers - propriétés des surfaces d'argiles et mécanismes d'absorption des colorants. Directeurs de thèse : J. Duplay, M. Trabelsi. Bourse de collaboration tunisienne.

Ackerer Julien - Etude couplée des nucléides des séries de l'U et des cosmonucléides pour la datation des processus d'altération et d'érosion : application au cas du bassin du Strengbach. Direction : F. Chabaux (UdS) – Ph. Negrel (BRGM)) –Financement : BRGM (50%) – Région Alsace (50%)

Adam Véronique - Evaluation des impacts et des risques toxiques des nanomatériaux manufacturés (de titane et/ou de carbone) sur les sols, les eaux et l'homme pour la mise au point d'un modèle RA-LCA (Risk Assessment - Life Cycle Assessment). Direction : G. Quaranta. Bourse Région/ADEME

Azzam Omnia - Characterization with isotope techniques of the degradation of emerging agrochemicals in wetland systems intercepting agricultural runoff. Directeurs de thèse : G. Imfeld, S. Vuilleumier. Projet ITN Marie Curie (7ème PCRD), CSI:Environment,

Babcsanyi Izabella - Etude de la complémentarité de méthodes de fouille de données spatio-temporelles. Caractérisation du transfert de contaminants : cuivre et isotope du cuivre .Direction : G. Imfeld - F. Chabaux . Bourse Région Alsace et Conseil Interprofessionnel des Vins d'Alsace.

Bailly Lucile- Caractérisation moléculaire et isotopique de goudrons et résines archéologiques dérivés de conifères en contexte maritime (thèse en cours : début 2011). Directeurs de thèse : P. Adam, A. Charrié. Contrat doctoral

Berez Amor - Dépollution par l'argile naturelle d'effluents teinturiers - Etude dynamique en colonne de percolation et modélisation numérique d'écoulement et de transport réactif. Directeurs de thèse : G.Schäfer, M. Trabelsi. Bourse de collaboration tunisienne.

Bosia Clio - Constantes de temps des transferts sédimentaires dans les systèmes alluviaux (encadrement F. Chabaux (LHyGeS) et C. France Lanord CRPG-Nancy). Financement : Allocation Recherche UdS

Clément, C. Liquéfaction de sols : Modèles numériques et expérimentaux (thèse en cours 2012-). Direction : R Toussaint. Bourse Ministère.

Courel Blandine - Marqueurs terpéniques des végétaux : Etablissement d'un référentiel moléculaire et application pour la reconnaissance d'essences végétales en contexte archéologique (thèse en cours : début 2013). Directeurs de thèse : P. Adam, P. Schaeffer. Contrat Doctoral

Dujardin, J-R., "Modélisation jointe géoradar (GPR) et flux hydrique en milieu hétérogène" (thèse en cours). Direction : M Bano. Bourse Ministère

Eriksen, F., 2013-en cours, Dynamique d'écoulements multiphasiques en milieux poreux déformables (thèse en cours 2013-). Direction : R. Toussaint, K.J. Maloy, E.G. Flekkoy, Bourse Marie Curie, ITN FLOWtrans.

Florentino, E.A., 2014-en cours, Modélisation d'effets électrocinétiques durant les écoulements multiphasiques en milieux poreux. Direction : L. Jouniaux, R. Toussaint. Bourse Ministère

Fleury Guillaume, « Mobilité et spéciation des métaux lourds (U, Cd) dans les systèmes eau-sol : effet des composés organiques naturels et des nanoparticules », Directeur de Thèse : R. Barillon. Financement : Région Alsace et Ministère, ED 222 Sciences Chimiques, Strasbourg.

Gangloff Sophie (AI CNRS) – Evaluation des mécanismes de transport des éléments en trace (U,Pb, REE) et du fractionnement des rapports élémentaires et isotopiques à l'interface eau, sol, plante, atmosphère : Direction P. Stille – F. Chabaux (thèse en formation continue débutée en septembre 2009).

Gontier Adrien - Utilisation des déséquilibres courtes et longues périodes sur fractions minérales séparées. Encadrement : S. Rihs - F. Chabaux. Financement : allocation de recherche UdS (décembre 2010 – novembre 2013)

Hector, B., Dynamique des stocks d'eau souterrains en zone soudanienne (Bénin) - Apport des mesures gravimétriques sol et satellite (thèse en cours 2010-2013) . Directeur de thèse : J Hinderer. Bourse Ministère.

Lubrano-Lavadera, P., 2009-2013, Etude du comportement sismique-asismique et des circulations de fluide par étude conjointe de données sismiques actives en surface et en puits et d'enregistrements microsismiques. Direction : J.-M. Martelot. Bourse Région.

Schneider Lauriane- Développement d'un modèle numérique d'écoulement triphasique de fluides compressibles en milieux poreux utilisant l'approche de pression globale. Direction : G. Schäfer. Allocation de recherche.

Turkaya, S., 2013-en cours, Fracturation et transport fluide – imagerie acoustique et sismique. Directeur de thèse : R. Toussaint. Bourse européenne (ITN Flowtrans)

Axe 2

Laboratoire de Physico-Chimie de l'Atmosphère / Institut de Chimie et Procédés pour l'Énergie, l'Environnement et la Santé

Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur, de l'informatique et de l'Imagerie /équipe Mécanique des Fluides

Laboratoire Image Ville Environnement/ équipe Energie, Pollution de l'Air et Climat

Fathallah H., Automatisation et mise en réseau Spécification et validation d'un capteur de formaldéhyde intelligent de services de communication pour la surveillance de la qualité de l'air intérieur. Dir. S. Le Calvé et E. Rondeau (CRAN Nancy). Financement : ANR ECOTECH.

Guglielmino M. , Développement d'une nouvelle méthode analytique du formaldéhyde basée sur un dispositif micro-fluidique. Dir. S. Le Calvé et C. Serra (ICPEES). Financement ADEME/Région Alsace.

Kohler Manon, Modélisation des besoins énergétiques des bâtiments à l'aide d'un modèle météorologique : application sur la Communauté Urbaine de Strasbourg. Directeur de thèse : Alain Clappier. Financement CNRS.

Lévy M., Développement de nouveaux adsorbants pour l'échantillonnage passifs de polluants organiques semi-volatils dans l'atmosphère. Dir. M. Millet. Financement : Bourse Ministère.

Liaud C., Développement de Stratégies Analytiques pour le suivi des COV et COSV en Air Intérieur. Dir. M. Millet et S. Le Calvé et. Bourse Ministère.

Mokalled T., Qualité de l'air intérieur et extérieur à proximité de l'aéroport de Beyrouth. dir. S. Le Calvé et J. Gérard (Liban). Bourse de thèse libanaise.

Moutahir Amine, (2013-2016), Analyse de sensibilité dans les modèles hydrauliques – confrontation à l'expérience, Directeur de thèse : José VAZQUEZ. Financement Allocation de recherche.

Nasredine R., Développement d'un microanalyseur de BTEX. Dir. S. Le Calvé et C. Serra (ICPEES). Financement ANR ECOTECH.

M. Rizk, Développement, validation et mise en œuvre sur le terrain d'une méthode de caractérisation in-situ des processus de sorption des COV par les matériaux de construction. Dir. S. Le Calvé et N. Locoge (EM Douai). Financement ADEME/Ecole des Mines de Douai.

Axe 3

Institut de Chimie et Procédés pour l'Énergie, l'Environnement et la Santé	Laboratoire de Chimie Moléculaire / équipe de Chimie Médicinale et Bioorganique
Laboratoire Gestion des Risques et Environnement	Génétique Moléculaire Génomique Microbiologie / équipe "Ecophysiologie Moléculaire des Micro-organismes"
Institut de Recherche de l'École de Biotechnologies de Strasbourg / équipe "Transports membranaires bactériens"	Génétique Moléculaire Génomique Microbiologie / équipe "Adaptation et Interactions Microbiennes dans l'Environnement"

Ba Housseinou , « Développement des catalyseurs à base de carbone pour le procédé de déshydrogénation de l'éthylbenzène en styrène ». Direction Cuong Pham Huu. Bourse sur fonds propres. 2012 - 2015

Cherbonnel Angéline, « Study of the Mechanism of Action of Active Oxygen Barriers Applied in Polymers for Food and Drinks Preservation ». Directeur de thèse : Mourad Elhabiri. Bourse industrielle Clariant. 2014-2016.

Cunrath Olivier, « Dynamique des protéines impliquées dans la machine de transport du fer chez *Pseudomonas aeruginosa*. Directeur de thèse : Isabelle Schalk. Bourse MRT.

Daragon Guillaume, « Valorisation énergétique d'un effluent industriel liquide par imprégnation de biomasse ». Co-direction G. Trouvé, G. Leysens, C. Sconnenbeck. Thèse industrielle. 2012-15

Ducamp Julien, « Optimisation énergétique, chimique et technologique d'un réacteur-échangeur innovant pour l'hydrogénation du dioxyde de carbone en hydrocarbure de synthèse à partir d'hydrogène électrolytique ». Direction François Garin. Bourse CEA Grenoble. 2012 - 2015

Nesrine Kraiem, « Valorisation énergétique de déchets solides issus de l'industrie agroalimentaire ». Co-direction S. Dorge, M. Jeguirim. Thèse en co-tutelle avec l'ENI Monastir (Tunisie). 2011-14

Liu XiaoJie, « Insertion de nanoparticules magnétiques dans les nanotubes de carbone. Etude de leurs propriétés magnétiques, de transport et catalytiques ». Direction D. Bégin. Bourse du gouvernement chinois + complément sur fonds propres. Début : décembre 2011

Paulen Aurélie, « Synthèse de conjugués de type cheval de troie entre des sidérophores et des antibiotiques ». Directeur de thèse : Gaëtan Mislin. Bourse MRT. (2013-)

Roge Vincent, « Etude, fabrication et caractérisation de nano-structures catalytiques de type noyau/enveloppe intégrées à des membranes mésoporeuses modèles pour la dépollution ». Direction François Garin. Bourse ministère luxembourgeois. 2012 - 2015

Parastoo Dalvand, « Synthèse et propriétés complexantes de métaux lourds par des calixarènes hydrosolubles fluorescents ». Directeur de thèse : Mourad Elhabiri, Co-encadrant : Zouhair Asfari (LIMAA, UMR 7178 CNRS-UdS). Bourse industrielle. 2012-2015.

Viet Cuong Duong « Synthèse et mise en forme des catalyseurs « sans métaux » à base de nanotubes de carbone dopés à l'azote, et leur applications dans les procédés d'oxydation sélective ». Direction Cuong Pham Huu. Bourse gouvernement Vietnamien + complément sur fonds propres. 2012-2015

Wen Luo, « Etude du réseau réactionnel pour le reformage à la vapeur d'alcool sur des catalyseurs de ZnO ». Direction : Spiros Zafeiratos. Bourse gouvernement chinois. 2012 - 2016

Zellagui Sami, « Pyrolyse et combustion de solides pulvérisés (biomasses et mélanges charbon/biomasse) sous forts gradients thermiques dans des conditions d'oxy-combustion ». Co-direction J.F. Brillhac, C. Schonnenbeck, N. Zouaoui-Mahoul. Thèse allocation UHA. 2013-16

Axe 4

Laboratoire Image Ville Environnement

Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement
et Bureau d'Economie Théorique et Appliquée

Laboratoire Société, Acteurs, Gouvernement en Europe/ Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg

Laboratoire «Cultures et Sociétés en Europe» et
Laboratoire Société, Acteurs, Gouvernement en Europe

Baudoin Valentin, « la Responsabilité sociétale des entreprises et les parties prenantes ». Directeur de thèse : M.-P. Camproux Duffrene. Convention CIFRE, IS2 SAS.

Benzada Karima, « Base de données et cartographie juridiques, des outils d'aide à la décision pour une gestion intégrée des espaces naturels ». Directeur de thèse : M.-P. Camproux Duffrene. Bourse Région Alsace, et Fondation de l'UDS. Soutenance prévue en 2014

Eschbach David, «Suivi hydro-géomorphologique de la restauration d'une anastomose rhénane: le Bauerngrundwasser dans l'île du Rohrschollen», Dir. L. Schmitt.

Flore Jean-François, « Le principe de précaution et le risque environnemental à l'épreuve du droit de la responsabilité : le cas du secteur agroalimentaire en Guadeloupe ». Directeur de thèse : M.-P. Camproux Duffrene, en co-direction avec Pr Jean-Marie Breton, FSJEG / U.A.G., Pointe-à-Pitre.

Gremmel Jeanne, «L'organisation de la solidarité dans l'accès aux services publics essentiels. Analyse des modalités et outils mis en œuvre en direction des populations « vulnérables » dans le secteur de l'eau en France et en Angleterre», dir. Rémi Barbier Bourse Région

Groff Jocelyn, "Connaissance du comportement de consommation durable des ménages: une approche expérimentale", dir. Anne Rozan, Financement ½ bourse Région + ½ bourse IRSTEA.

Masoumi Khazar, « La difficile construction d'un régime de responsabilité environnementale : aspects de droit international et de droit national comparé » Directeurs de thèse Jochen Sohlé et MP Camproux Duffrène. Financement personnel.

Parola Emmanuelle, « L'évolution du statut des éco-organismes: frein ou levier pour une gestion efficace des déchets ? ». Directeur M.-P. Camproux Duffrene, en co-direction avec le Pr Béatrice Parance, Paris 8. Bourse ADEME.

Radici Margaux, « La réhabilitation et la valorisation des friches industrielles ; apports du droit de l'environnement ». Directeur de thèse : M.-P. Camproux Duffrene. Convention CIFRE avec Arcelormittal.

Rougier Simon, «Analyse, caractérisation et suivi des espaces urbains et périurbains à partir de données multi-sources». Dir. S. Glatron et A. Puissant

Schwoertz Eugénie, «Contribution des corridors écologiques fluviaux à la dynamique de la biodiversité urbaine». Dir. M. Tremolieres.

Sua Sandra, «Responsabilité en cas d'atteintes à l'environnement et à la santé en cas de pollution par hydrocarbures». Directeur de thèse : M.-P. Camproux Duffren. IDEX 2013.

Terzic Elisabeth, « L'obligation de remise en état des installations classées et la prise en compte des dommages sanitaires et environnementaux». Ddirecteur de thèse : M.-P. Camproux Duffrene. Bourse ADEME. (poste d'ATER faculté de Droit)

Tindon Cécile, « Les vigies de l'eau: trajectoires d'engagement et contributions à la régulation des services », dir. Rémi Barbier, Financement Irstea.

Wissal Selmi, Vers la conception d'une multifonctionnalité écologique ?. Dir. C Weber

Les thèses soutenues depuis 2003

Thèses de Doctorat dans le cadre des travaux menés dans le réseau REALISE

AXE 1

Institut de Physique du Globe/ équipe "Géophysique Expérimentale"

Institut Hubert Curien/ équipe "Radiochimie"

Institut de Chimie de Strasbourg /Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire

Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement

Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg/ équipe "Processus Élémentaire et Modélisation "

Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg / équipe "Géochimie Isotopique et Chimie de l'Environnement"

2014

Lefrancq Marie, «Caractérisation et modélisation du transfert de pesticides par ruissellement sous forme dissoute et particulaire à l'échelle des bassins versants agricoles». Soutenue le 11 avril 2014. Directeurs de thèse : G. Imfeld, C. Gregoire. Bourse équivalent Ministère, Projet INTERREG IV PhytoRET et AERM.

Maillard Elodie, «Processus hydro-biogéochimiques régissant les transferts des résidus de produits phytosanitaires ». Soutenue le 14 mars 2014. Directeurs de thèse : G. Imfeld, C. Gregoire. Bourse Région et Projet INTERREG IV PhytoRET

2013

Schaffhauser Thiébaud, « Traçage et modélisation des flux d'altération à l'échelle d'un bassin versant : exemple du bassin versant du Ringelbach ». Encadrement Y. Lucas, F. Chabaux, B. Fritz. Soutenue le 18 décembre 2013. Financement : Allocation de Recherche UdS (2009-2012) - puis CDD CNRS (2012-2013).

Blaes Estelle, « Détermination des constantes de temps des processus d'altération et de transfert sédimentaire par les nucléides des séries de l'uranium : étude d'un bassin versant de Porto Rico et du système himalayen ». Soutenue le 10 septembre 2013. Direction : F. Chabaux. Bourse Ingénieur CNRS (50%) – Région Alsace (50%) puis ½ ATER UdS-EOST. Situation actuelle : Ingénieur Chimiste (CDI) EUROFIN-Saverne.

Mey Morgane, "The Life Cycle Assessment of the Milazzo Peninsula Geosite (North-Eastern Sicily, Italy) : Environmental geochemistry of the soil, water and air components of the landscape". Soutenue le 24 avril 2013 à l'Università di Messina (Italie). Direction J. Duplay et G. Quaranta.

Marzougui S., "Transfert de vapeur de composés organo-chlorés depuis une zone source localisée en zone non saturée d'un aquifère poreux vers l'interface sol-air : expérimentations sur site contrôlé et modélisations associées". Soutenue le 29/01/13. Directeur de Thèse : G. Schäfer. Bourse de thèse ANR Fluxobat.

Rolland A., "Rheology of calcite and use of stylolites as paleostress gauges: stress history of the Bure massif". Soutenue le 24/01/2013. Directeur de thèse : P. Baud. Financement Andra.

2012

Voinot Alexandre, « Contribution des isotopes du bore à l'étude des mécanismes et bilans de l'altération des minéraux des sols ». Soutenue le 28 novembre 2012. Encadrement : D. Lemarchand, M-P. Turpault, F. Chabaux. Financement : région Alsace (50%), région Lorraine (50%). Situation actuelle : Post doctorant à Queens University Ottawa Canada.

Warden S., «Conversions sismo-électromagnétiques en milieux poreux». Soutenue le 9/11/2012. Directeur de thèse : L. Jouniaux. Financement ANR TRANSEK.

Jeambrun Marion, «L'uranium et ses descendants dans la chaîne alimentaire». Soutenue le 24 septembre 2012.

Direction de Thèse : F. Gauthier-Lafaye LhyGeS – L. Pourcelot (IRSN) . Financements: AREVA, IRSN. Situation actuelle : ingénieur CRIIRAD, responsable qualité des analyses.

Covert Florian, « Identification de l'influence bactérienne sur l'accumulation de carbonate de calcium en milieu silicaté ». Soutenu le 15 juin 2012. Co-encadrement P. Stille (LHyGeS/GICE et V. Geoffroy (IREBS).

Ramasomanana F., « Les méthodes ELLAM appliquées au transport réactif ». Soutenu le 31 mai 2012. Directeur de Thèse : A. Younès. Contrat doctoral Uds.

Ounaies Sana, « Modélisation numérique de l'écoulement et du transport réactif en zone non saturée d'un aquifère poreux : cas du secteur du Polder d'Erstein (Bas-Rhin) ». Soutenu le 25/05/2012. Directeurs de Thèse : G. Schäfer, M. Trémolières. Bourse Région/laboratoire.

Guillemoteau Julien, « Méthodologie d'interprétation de données EM aéroportée appliquée à l'exploration minière ». Soutenu le 8 mars 2012. Directeur de thèse : P. Sailhac. Convention de Collaboration de Recherche avec AREVA.

2011

Guéguen Florence, « Caractérisation de l'impact des émissions industrielles de Strasbourg-Kehl sur l'environnement urbain et rural (par prélèvement passif et biomonitoring). Etude des polluants organiques (PCBs), métaux et traçage isotopique sur les aérosols et biomonitoring ». Soutenu le 21 octobre 2011. Direction P. Stille, M. Millet. Financement : Région Alsace (100%). Situation actuelle : Post-doctorante au CEA, Saclay.

Pfeffer, J., « Etude du cycle de l'eau en Afrique sahélienne: Approche multidisciplinaire et apport de la gravimétrie terrestre et spatiale ». Soutenu le 30/09/2011. Directeur de thèse : J. Hinderer. Bourse Ministère.

Wawrzyniak Pierre, « Suivi temporel des processus actifs de la subsurface par méthodes géophysiques électromagnétiques : développements méthodologiques et application aux volcans et aux réservoirs géothermiques ». Soutenu le 9 mai 2011. Directeur de thèse : P. Sailhac. Bourse Minsitère.

Errais Emna, « Réactivité de surface d'argiles naturelles : étude de l'adsorption de colorants anioniques ». Soutenu le 21 mars 2011. Directeurs de thèse : J. Duplay, M. Trabelsi (Université de Bizerte). Bourse de collaboration tunisienne.

2010

Tapia Padilla Gabriela, « Modélisation et optimisation des processus de dépollution biologique de matrices poreuses contaminées par des pesticides : vers une nouvelle fonctionnalité des bassins d'orage ». Soutenu le 17 décembre 2010. Directeurs de Thèse : C. Gregoire et R. Mosé.

Kali Elise, « De la déformation long-terme à court-terme sur les failles normales du Sud - Tibet : approche géochronologique multi-méthodes (Be10, Al26, U-Th/He, Ar/Ar, U/Pb) ». Soutenu le 22 novembre 2010. Co-direction : L. Rivera et J. van der Woerd (IPGS) et P.-H. Leloup (U. de Lyon I).

Garel Emilie, « Modélisation d'écoulements préférentiels en versant marneux fracturés ; observation, expérimentation et modélisation hydrogéologique ». Soutenu le 25 octobre 2010 à Avignon. Co-encadrés par J.-P. Malet (IPGS) et avec Vincent Marc (EMMAH-Avignon).

Allègre Vincent, « Couplages électrocinétiques en milieux poreux non saturés ». Soutenu le 15/10/2010. Co-encadré par L. Jouniaux, F. Lehmann et P. Sailhac. Bourse Ministère .

Bagard Marie-Laure, « Etude géochimique et isotopique (Sr, Ca, séries de l'U et du Th) de bassins versants sibériens. Origine de flux géochimiques dissous et caractérisation des transferts eau - sol - plante en climat froid ». Soutenu le 28 septembre 2010. Dir. F. Chabaux, O. Pokrovski. Financement : Allocation de recherche Uds (2006-2009) – puis 1/ATER Uds (2009-2010). Situation Actuelle : Post-doctorante à l'Université de Bristol Royaume Uni.

Neuville Amélie, « Couplage hydro-mécanico-thermique dans les fractures et poroélasticité des joints rocheux ». Soutenu le 30 juin 2010. Co-encadrée par J. Schmittbul et R. Toussaint. Bourse Minsitère.

Fahs Hassane, « Identification des paramètres par approche inverse pour la simulation de l'hydrodynamique en milieux fracturés ». Soutenu le 26 avril 2010. Directeur de Thèse : P. Ackerer. Thèse financée par le Liban.

Halter Eric, « Spéciation des ions phosphate et uranyle à l'interface corindon colloïdal/solution. Etude expérimentale et analyses spectroscopiques in-situ. ». Doctorat Paris-Tech. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Spécialité

« Hydrologie et Hydrogéologie Quantitatives ». Soutenue le 15 mars 2010. Directeur de Thèse : V. Lagneau. Co-encadrement de la thèse : B. Madé et M. Del Nero. Financement : Ministère, ED 398 Geosciences et Ressources Naturelles, Paris.

2009

Di Chiara Roupert Raphaël, « Développement d'un code multiphasique multi constituants avec prise en compte explicite des conditions hydrogéologiques, des cinétiques de dissolution, de la biodégradation séquentielle des composés organo-chlorés aliphatiques et de la phase organique ». Soutenue le 8/12/2009. Directeurs de thèse : G. Schäfer, M. Quintard. Bourse ADEME/BURGEAP.

Nsir Khalifa, « Etude expérimentale et numérique de la répartition de polluants non miscibles en milieu poreux à l'échelle de Darcy ». Soutenue le 27/11/2009. Directeur de thèse : G. Schäfer. Allocation de recherche.

Ghazi Malika, "Analyse du Cycle de Vie des boues de forage pétrolier. Caractérisation des émissions toxiques en milieu aride". Soutenue le 10 septembre 2009. Direction J. Duplay (encadrement G. Quaranta). Bourse de collaboration tunisienne.

Cividini Damien, «Mécanismes et bilans des transferts de matière à l'échelle du bassin versant : développement de la géochimie isotopique du bore». Soutenue le 8 juillet 2009. Encadrement: D. Lemarchand - F. Chabaux. Allocation Doctorale MRT (2005-2008), puis ½ ATER EOST-Uds (2008-2009). Situation actuelle : Ingénieur d'Etude CNRS-CRPG Nancy

Armand Romain, «Etude du déterminisme des états de surfaces du sol [EDS] pour la mise au point d'indicateurs de ruissellement en vue d'une modélisation adaptée aux petits bassins versants cultivés». Soutenue le 3 juillet 2009. Directeur de thèse : A.-V. Auzet.

Selim Ahmed, «Modélisation numérique de l'écoulement et du transport en milieu poreux – Application de la méthode des Lignes aux écoulements densitaires». Soutenue le 25 juin 2009. Directeur de thèse : A. Younes. Financement BDI CNRS

2008

Prunier Jonathan, « Etude du fonctionnement d'un écosystème forestier en climat tempéré, par l'apport de la géochimie élémentaire et isotopique (Sr, U-Th-Ra). Cas du bassin versant du Strengbach ». Soutenue le 28 novembre 2008. Encadrement M.-C. Pierret, F. Chabaux, M. Tremolières. Financement : allocation Doctorale MRT (2004–2007) puis ½ ATER EOST-Uds (2007-2008). Situation : Ingénieur d'Etude CNRS- GET Toulouse.

El Soueidy C., «Modélisation multi-domaine du transport de masse en milieux poreux». Soutenue le 20/11/2008. Directeur de thèse : P. Ackerer . Contrat ANDRA

Cotel Solenn, «Etude des transferts sols/aquifères/atmosphère/bâtiments par tracage : application aux sols pollués par des composés organiques». Soutenue le 27/10/2008 à l'Université Joseph Fourier Grenoble. Directeurs de thèse : G. Schäfer, P. Baussand. Bourse ADEME/CEA.

de Linage C., «Mesures gravimétriques au sol et satellitaires: étude du rapport entre variation de pesanteur et déplacement vertical et apport de la mission spatiale GRACE à l'étude des surcharges hydrologiques et des très grands séismes». Soutenue le 09/09/2008. Directeur de thèse : J. Hinderer.

Ali B., «Typologie fonctionnelle des états de surface du sol [EDS] pour l'extrapolation des propriétés hydro-érosives». Soutenue le 24/06/2008. Direction A.-V. Auzet. Bourse franco-syrienne.

2007

Lahd Geagea Majdi, « Caractérisation chimique et isotopique des aérosols organiques/inorganiques et détermination de l'impact de la pollution atmosphérique sur l'environnement en milieu urbain ». Soutenue le 21 décembre 2007. Direction P. Stille et M. Millet. Financement : 50% bourse de Liban, 50% Financements : fonds propres du laboratoire.

Pelt Eric. « Datation des processus d'altération par l'étude des déséquilibres radioactifs ^{238}U - ^{234}U - ^{230}Th - ^{226}Ra dans les profils d'altération ». Soutenue le 17 septembre 2007. Dir F. Chabaux (ULP) – C. Innocent (BRGM). Financement : BRGM 50% et région Alsace (50%). Situation actuelle Ingénieur Recherche CNRS- LHyGeS Strasbourg.

Granet Mathieu, « Constantes de temps des processus d'érosion et d'altération dans le système himalayen: approche

géochimique élémentaire et isotopique par les séries de l'Uranium ». Soutenue le 21 juin 2007. Direction F. Chabaux. Financement : allocation Ministère (2003-2006) puis 1.2 ATER EOST-ULP (2006-2007). Situation Actuelle : Ingénieur Recherche Uds – LhyGeS Strasbourg.

Rosener M., «Etude pétrophysique et modélisation des effets des transferts thermiques entre roche et fluide dans le contexte géothermique de Soultz-sous-Forêts». Soutenue le 14 juin 2007. Direction : Bertrand Fritz.

Fahs M., «Modélisation du transport réactif multicomposant en milieux poreux saturés». Soutenue le 31/05/2007. Directeur de thèse : P. Ackerer. Contrat ANDRA.

2006

Béhaegel Mickael, «Hydrogéophysique à l'échelle du petit bassin versant de La Soutte». Soutenue le 29/11/2006. Direction G. Marquis.

Dridi Lotfi, « Transfert d'un mélange de solvants chlorés en aquifère poreux hétérogène : Expérimentations sur site contrôlé et simulations numériques». Soutenue le 13/11/2006. Directeur de thèse : G. Schäfer. Projet ADEME MACAOH.

Marty N., «Modélisation couplée (transport-réaction) des interactions fluides-argiles et de leurs effets en retour sur les propriétés physiques de barrières ouvragées en bentonite». Soutenue le 10/11/2006. Direction B. Fritz.

Belfort B., «Modélisation des écoulements en milieux poreux non saturés par la méthode des Eléments Finis Mixtes Hybrides (EFMH)». Soutenue le 02/11/2006. Directeur de thèse : P. Ackerer. Contrat doctoral ULP.

2005

Hayek M., «Identification de paramètres par approche inverse pour une équation de diffusion». Soutenue le 20/06/2005. Directeur de thèse : P. Ackerer. Contrat ANDRA.

Beydoun H., «Estimation de paramètres en milieux poreux non saturés en eau : approche expérimentale et modélisation». Soutenue le 16/06/2005. Directeur de thèse : F. Lehmann. Contrat doctoral ULP.

Bellenger Jean-Philippe , « Acquisition des oxyanions Mo, V et W par les bactéries gram- fixatrices d'azote ». Soutenue le 23 mai 2005. Directeur de thèse N. Clauer. Financement Allocation Ministère ULP + ½ poste d'ATER Uds.

Domange N., «Étude des transferts des produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle et du bassin versant viticole (Rouffach, Haut Rhin)». Soutenue le, 31 mars 2005. Directeur de thèse : M. Trémolières.

Loeffler Olivier, «Modélisation géoradar de la proche surface ; estimation de la teneur en eau et influence d'un polluant». Soutenue le 4/02/2005. Directeur de thèse : P. Sailhac. Bourse Ministère.

2004

Pollet Ingrid, « Simulation numérique du devenir de solvants organo-halogénés en nappes d'eau souterraine sur site réel ». Soutenue le 9/11/2004. Directeur de thèse : G. Schäfer. Bourse Région.

Nex Fabien, « Modélisation numérique de la biodégradation des composés organo-chlorés dans les aquifères fondée sur des expérimentations in situ. Le cas des chloroéthènes ». Soutenue le 12/10/2004. Directeurs de thèse : G. Schäfer, Th. Vogel (Université de Lyon). Bourse ADEME/BURGEAP.

Zeru Alleign, « Numerical investigations on the inversion of pumped concentrations for groundwater pollution quantification ». Soutenue le 27/09/2004. Directeur de thèse : G. Schäfer. Projet européen INCORE.

Maineult Alexis, «Application de la méthode du potentiel spontané à l'hydrogéologie: expérimentation sur modèle réduit d'aquifère». Soutenue le 28/06/2004. Direction : Y. Bernabé (IPGS) et P. Ackerer (IMFS)

2003

Durand Sébastien, « Traçage géochimique des transferts de matière dans l'hydrosystème de la vallée du Rhin supérieur : Apport des déséquilibres isotopiques ^{238}U - ^{234}U - ^{226}Ra ». Soutenue le 24 octobre 2003. Directeur de thèse : F. Chabaux. Financement : Région Alsace (1999-2002) puis ATER ULP (2002-2003). Situation actuelle Chef de projet Agence bassin de l'Adour.

Bohy Martine, « Caractérisation de sources de pollution composées d'un mélange de solvants chlorés en aquifère

alluvial. Expérimentations en laboratoire et sur site contrôlé associées à la simulation numérique ». Soutenue le 6/10/2003. Directeurs de thèse : G. Schäfer, L. Zilliox. Financement Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

Schmitt Anne-Désirée, « Les isotopes du calcium: développements analytiques - application au bilan océanique présent et passé ». Soutenue le 14 mai 2003. Directeurs de thèse : P. Stille et F. Chabaux. Financement : allocation ministère (1999-2002) puis ½ ATER EOST-ULP(2002-2003). Situation actuelle : Maître de Conférence – Université de Besançon.

Axe 2

Laboratoire de Physico-Chimie de l'Atmosphère
/ Institut de Chimie et Procédés pour l'Énergie,
l'Environnement et la Santé

Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur, de
l'informatique et de l'Imagerie /équipe Mécanique
des Fluides

Laboratoire Image Ville Environnement/ équipe
Energie, Pollution de l'Air et Climat

2014

Dasaraden Mauree, «Développement d'un système météorologique multi-échelles pour améliorer la modélisation du climat urbain». Soutenue le 19 mars 2014. Directeur de thèse : Alain Clappier. Financement ADEME/Région Alsace

2013

Sajjad Hussain Sajjad, «Observation et modélisation du climat urbain : application aux villes pakistanaises». Soutenue le 16 avril 2013. Directeur de thèse : A. Clappier. Financement Gouvernement Pakistannais, financement géré par la SFERE (Société Française d'Exploitation des Ressources Educatives).

2012

Araud Quentin, « Simulations des écoulements en milieu urbain lors d'un évènement pluvieux extrême ». Soutenue le 30 novembre 2012. Directeurs de thèse : R.Mose et J. Vazquez. Allocation de recherche Ministère de l'Enseignement supérieur

Raepfel Caroline, «Etude de la contamination de l'air intérieur et extérieur par des pesticides d'usage non agricole. Soutenue le 16 novembre 2012. Direction : M. Millet (ICPEES) et B. Appenzeller, Univ. Luxembourg). Bourse ADEME.

2011

Guéguen Florence, «Caractérisation de l'impact des émissions industrielles de Strasbourg-Kehl sur l'environnement urbain et rural (par prélèvement passif et biomonitoring) : étude des polluants organiques (PCBs), métaux et traçage isotopique sur les aérosols et biomoniteurs». Soutenue le 21 octobre 2011. Direction : P. Stille, M. Millet. Bourse Région Alsace.

Kastner P.E., «Impact de l'exposition au formaldéhyde et/ou au dioxyde d'azote sur la réponse de l'épithélium bronchique à l'allergène». Soutenue le 21 octobre 2011. Direction S. Le Calvé (ICPEES), F. Pons (CAMB). Financement ADEME/Région Alsace.

Alchami Jamal, « Développement d'une nouvelle technique d'extraction d'échantillons atmosphériques utilisant l'ASE et développement d'un nouveau collecteur pour évaluer la répartition gaz-particules de polluants organiques persistants ». Soutenue le 30 septembre 2011. Direction : M. Millet (ICPEES) et F. Jaber (Liban). Bourse AUF.

Druart Coline, « Effets des pesticides sur le cycle biologique de l'escargot dans divers contextes d'exposition (air, sol, nourriture) ». Soutenue le 4 mai 2011. Co-direction M. Millet et A. de Vaufleury (Univ Franche Comté). Bourse ADEME/Région Franche-Comté.

2010

Wuyin Zheng, « Développement d'un analyseur rapide et transportable du formaldéhyde dans l'air ». Soutenue le 21 octobre 2010. Direction : S. Le Calvé. Bourse ADEME/Région Alsace.

Schummer Claude, «Evaluation de l'intérêt de l'échantillonnage passif d'air et des analyses de cheveux dans le

biomonitoring de l'exposition humaine aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) et aux pesticides». Soutenue le 21 septembre 2010. Co-direction M. Millet et R. Wening (Luxembourg). Bourse du gouvernement du Luxembourg.

Petitjean Mélanie, «Interactions des composés organiques volatils avec des surfaces de glace pure ou dopée, représentatives des conditions atmosphériques rencontrées dans la moyenne et haute troposphère. Application à la chimie des nuages mixtes et des cirrus». Soutenue le 20 Septembre 2010. Direction : S. Le Calvé. Bourse Ministère.

2009

Wertel Jonathan, « Modélisation et expérimentation des profils tridimensionnels de vitesse et de turbulence en conduites d'assainissement à surface libre ». Soutenue le 03.12.2009. Direction : R. Mosé.

Ghostine Rabih, « Contribution à la modélisation bidimensionnelle des écoulements à surface libre : cas d'écoulements complexes dus à la présence de jonctions et/ou de singularités et à la concomitance d'écoulements sub et supercritique ». Soutenue le 04.11.2009 . Directeurs de thèse : R. Mosé et J. Vazquez, Ressource propre au laboratoire IMFS.

Reyes Perez Eneida, «Devenir atmosphérique des produits phyto-sanitaires». Soutenue le 20 mai 2009. Direction. S. Le Calvé. Bourse mexicaine.

Forquet Nicolas, « Développement et validation d'un modèle de simulation des dispositifs de traitement par cultures fixées, sur matériaux granulaires fins, alimentés en discontinu ». Soutenue le 12.02.2009. Direction : R. Mosé.

2008

Kesserwani Georges - « Modélisation et validation expérimentale du couplage des équations hyperboliques de Barré de Saint Venant, du transport solide et des modèles d'ouvrages en réseau d'assainissement ». Soutenue le 6.11.2008. Directeur de thèse : R. Mosé. Financement sur ressources propres du laboratoire.

Allou Lyassine, «Chimie multiphasique et mesures des concentrations des aldéhydes et des composés aromatiques dans l'air». Soutenue le 23 juillet 2008). Direction S. Le Calvé, P. Mirabel . Financements Fond propres.

Delhomme Olivier, «Etude de la variabilité et de l'évolution de la composition chimique de l'aérosol organique en fonction du lieu et de la période de prélèvement». Soutenue le 4 avril 2008. Direction : M. Millet. Financements Fond propres.

2007

Lahd-Geagea Majdi, «Traçage isotopique des particules atmosphériques. Identification des sources». Soutenue le 21 décembre 2007. Direction : P. Stille et M. Millet. Financements Fond propres.

2006

Lottmann Audrey, «Quantification de l'aérosol organique urbain à l'échelle moléculaire : Identification des sources, de leur abondance et des variations saisonnières». Soutenue le 28 novembre 2006, Direction M. Millet. Bourse ADEME/TOTAL.

Vivier Anne , « Effets écologiques de rejets urbains de temps de pluie sur deux cours d'eau périurbains de l'ouest Lyonnais et un ruisseau phréatique en plaine d'Alsace ». Soutenue le 21.11.2006. Direction : R. Mosé (ICube) et M. Lafont (DR Cemagref).

2005

Marchand Caroline, « Incidences des teneurs en aldéhydes mesurées dans l'air intérieur et extérieur sur les patients sujets à l'asthme ». Soutenue le 2 décembre 2005. Direction : P. Mirabel et S. Le Calvé. Bourse ADEME/Région Alsace.

Morville Stéphane, «Analyse d'HAPs, phénols et nitrophenols dans l'atmosphère. évaluation de la contamination des deux phases atmosphériques (gaz et particule). comparaison entre zones urbaine, peri-urbaine et rurale». Soutenue le 24 novembre 2005. Direction : M. Millet, Ph Mirabel. Bourse ministère., ATER en 2005-2006.

Feigenbrugel Valérie, «Devenir atmosphérique des pesticides : distribution entre les différentes phases de l'atmosphère et oxydation photochimique». Soutenue le 7 novembre 2005. Direction : P. Mirabel et S. Le Calvé. Bourse ADEME/Région Alsace. Embauché chez Quintiles à Strasbourg.

Maher Abdallah, « Sur les méthodes de discrétisation numérique de problèmes hyperboliques non linéaires appliquées aux équations de Barré de Saint Venant pour la modélisation de l'hydraulique et du transport en réseau d'assainissement ». Soutenu le 30/05/2005. Direction : R. Mosé. Financement sur ressources propres du laboratoire.

2004

Scheyer Anne, « Développement d'une méthode d'analyse par CPG/MS/MS de 27 pesticides présents dans les différentes phases de l'atmosphère (gaz, particule, liquide). Application à l'étude des variations spatio-temporelles des niveaux de concentrations dans l'air et les eaux de pluie ». Soutenu le 30 novembre 2004. Direction : P. Mirabel et M. Millet. Bourse ADEME/Région Alsace.

2003

Palluau Fabienne, « Mise au point et optimisation des techniques de prélèvement et d'analyse des composés organiques volatils (COV) dans l'atmosphère. Etude de l'influence de facteurs climatiques et de l'ozone sur les teneurs mesurées en COV. » Soutenu en novembre 2003. Direction : P. Mirabel et M. Millet. Bourse ADEME/ASPA.

Axe 3

Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie,
l'Environnement et la Santé

Laboratoire Gestion des Risques et Environnement

Institut de Recherche de l'École de Biotechnologies
de Strasbourg / équipe "Transports membranaires
bactériens"

Laboratoire de Chimie Moléculaire / équipe de
Chimie Médicinale et Bioorganique

Génétique Moléculaire Génomique Microbiologie
/ équipe "Ecophysiologie Moléculaire des Micro-
organismes"

Génétique Moléculaire Génomique Microbiologie
/ équipe "Adaptation et Interactions Microbiennes
dans l'Environnement"

2013

Ouanassa Guellati, « Synthèse de nanotubes de carbone alignés mono et/ou multifeuillets sur différents types de supports ». Soutenu le 16 novembre 2013. Directeur de thèse : D. Bégin. Bourse algérienne, complément sur fonds propres.

Dong Liang Wu, « Etude expérimentale de l'impact de l'eau et/ou des suies vis à vis de l'adsorption des NOx sur catalyseurs modèles Pt/Ba/Al₂O₃ : contribution à la compréhension des mécanismes d'adsorption ». Soutenu le 1er octobre 2013 à l'UHA. Directeur de thèse : V. Tschamber. Allocation du Gouvernement Chinois.

Yufeng Liu, « Catalyseurs à base de cobalt supporté sur carbure de silicium et nanocarbone pour la synthèse Fischer Tropsch ». Soutenu le 16 sept 2013. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Bourse gouvernement chinois, complément fonds propres.

Farhan Ul Haque Muhammad, « Etude du puits bactérien pour les émissions végétales de chlorométhane ». Soutenu le 30 mai 2013. Directeurs de thèse : S. Vuilleumier (GMGM) et H. Schaller (IBMP). Bourse SFERE, Ministère des Affaires Etrangères et Gouvernement du Pakistan.

2012

Cosseron Anne-Flore, « Caractérisation et traitement des polluants émis par un moteur thermique fonctionnant avec des biodiesels. Développement et étude des performances de nouveaux matériaux pour le piégeage et le traitement des polluants ». Soutenu le 29 octobre 2012. Directeur de Thèse : V. Tschamber. Allocation de thèse l'Université de Haute-Alsace.

Pesset Bénédicte, « Conception et synthèse d'inhibiteurs de la machinerie TonB : une piste prometteuse pour le développement de nouvelles antibiothérapies à large spectre ». Soutenu le 27 septembre 2012. Directeur de thèse : Gaëtan Mislin. Allocation de la Direction Générale de l'Armement, oct 2009-oct 2012.

Ferret Claire, « Les sidérophores, des outils pour la bioaugmentation associée à la phytoextraction dans le traitement in-situ de sols contaminés par des métaux lourds. ». Soutenu le 19 septembre 2012. Direction : V. Geoffroy.

De Tymowski Benoît , «Synthèse de Fischer Tropsch sur support conducteur à base de carbure de silicium ». Soutenue le 14 septembre 2012. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Contrat Total.

Zamboni Corredor Ingrid , "Préparation et étude de systèmes catalytiques Fe/CaO performants pour la pyrolyse/ gazéification de la biomasse". Soutenue le 22 juillet 2012. Directeurs de thèse : C. Courson, A. Kiennemann . Bourse région/CNRS.

Covert Florian, «Identification de l'influence bactérienne sur l'accumulation de carbonate de calcium en milieu silicaté». Soutenue le 15 juin 2012. Co-encadrement P. Stille (LHyGeS/GICE) et V. Geoffroy (IREBS) pour la partie microbiologie de l'étude dans le cadre du projet EC2CO.

2011

Muller Emilie, « Le métabolisme du dichlorométhane chez *Methylobacterium extorquens* DM4: génomique fonctionnelle et physiologie». Soutenue le 30 mars 2011. Direction F. Bringel et S. Vuilleumier. Bourse Région Alsace. Prix de thèse «Région» de la Société de Biologie de Strasbourg, 15 décembre 2011.

Klein Jennifer, «Etude du fonctionnement d'un convertisseur catalytique 4 voies en vue du traitement des émissions liées à l'utilisation des nouveaux carburants». Soutenue le 19 novembre 2011. Directeur de Thèse : V. Tschamber. Allocation MRT.

Ocampo Fabien, «Développement de catalyseurs pour la réaction de méthanation du dioxyde de carbone». Soutenue le 18 novembre 2011. Directeur de thèse : A.-C Roger. Bourse MSER.

Hannauer Mélissa, « Etude du transporteur ABC impliqué dans l'import du fer dans la voie Pvd chez *Pseudomonas aeruginosa* ». Soutenance prévue le 5 octobre 2011. Direction I. Schalk. Bourse MRT.

Alonso Tellez Angela, «Oxydation d'H₂S sur des photocatalyseurs à base de TiO₂». Soutenue le 8 juillet 2011. Directeurs de thèse : N. Keller et D. Robert . Contrat européen (EGIDE partiellement).

Shabnam Hajesmaili, « Photocatalyse sur mousses tridimensionnelles ». Soutenue le 1er juillet 2011. Directeur de thèse : D. Bégin. Financement sur fonds propres (Egide).

Kambiz Chizari, «Synthèse de nanotubes de carbone dopés à l'azote : applications en catalyse». Soutenue le 17 mai 2011. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Financement sur fonds propres (Egide).

Mirella Virginie, «Elaboration et développement d'un catalyseur Fe/olivine pour le vaporéformage de molécules modèles de goudrons formés lors de la gazéification de la biomasse». Soutenue en mai 2011 Directeur de thèse : A. Kiennemann. Fonds propres (contrat européen).

2010

Muller Anne, «Développement d'une méthode de modélisation pour l'évaluation de la performance de stratégies de sécurité incendie dans les bâtiments». Soutenue le 8 décembre 2010. Directeur de thèse : J.-F. Brillhac. Bourse CIFRE/CSTB.

Chouchène Ajmia, « Etude des procédés de valorisation de déchets agricoles, les grignons d'olive ». Thèse en co-tutelle avec l'Université de Monastir (Tunisie). Soutenue le 6 décembre 2010. Directeur de Thèse : G. Trouvé.

Noel Sabrina, « Synthèse de prodrogues et d'inhibiteurs du transport du fer chez *Pseudomonas aeruginosa* ». Soutenue le 22 Octobre 2010. Directeur de thèse : G. Mislin. Financement association Vaincre la mucoviscidose.

Deneuve Adrien, « Synthèse et caractérisation de supports de catalyseurs nano-macro à base de carbone et carbure de silicium- application à l'oxydation catalytique du sulfure d'hydrogène en soufre élémentaire ». Soutenue le 1er octobre 2010. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Financement sur fonds propres (Total et SICAT Alsace).

Ahmed Meksem, «Etudes structurales et fonctionnelles des récepteurs Ton B-dépendants de bactéries à gram négatif». Soutenue le 7 juillet 2010, Direction I. Schalk. Bourse MRT.

Yeterian Emilie, « Etude des machineries membranaires impliquées dans l'assimilation du fer par la pyoverdine et la pyocheline chez *Pseudomonas aeruginosa* ». Soutenue le 17 juin 2010, irecteur de thèse : I. Schalk. Bourse MRT.

Di Felice Luca, « Capture de CO₂ et reformage catalytique des goudrons produits par le procédé de gazéification de la biomasse en lit fluidisé ». Soutenue le 28 avril 2010. Directeur de thèse : A. Kiennemann co-tutelle. Bourse Amérique du sud.

2009

Djeddi Amel, «Contribution à l'étude des réactions d'ouverture des cycles naphthéniques sur des catalyseurs métalliques et de nouveaux catalyseurs à base d'oxydes». Soutenu le 21 décembre 2009. Co-direction F. Garin et I. Fechete. Bourse Algérie.

Zouaoui Nabila, « Etude expérimentale et théorique des paramètres régissant la combustion du noir de carbone au cours d'une analyse thermogravimétrique ». Thèse en co-tutelle avec l'Université de Sétif (Algérie). Soutenu le 18 décembre 2009. Directeur de Thèse : J.-F. Brilhac. Salariée de l'Université de Sétif durant sa thèse.

Roselli Sandro, «Génomique fonctionnelle de la dégradation des méthanes chlorés». Soutenu le 15/12/09. Direction : S. Vuilleumier et F. Bringel. Bourse du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.

Bouquet Eric, «Etude expérimentale et modélisation des mécanismes de capture du CO₂ par couplage chimique dans des lits fluidisés circulants». Soutenu le 9 décembre 2009. Directeur de Thèse : P. Gilot. Bourse contrat européen.

Bachelet Mickaël, « Aspects cinétiques de l'interaction *Acidithiobacillus thiooxidans*/silicates complexes », Soutenu le 30 octobre 2009. Direction : Crovisier, J.-L. (LHyGeS) et Geoffroy V. (IREBS) Bourse présidente Université Louis Pasteur.

Nader Mirella, « Etude du transporteur FpvA impliqué dans le transport de la pyoverdine-ferrique à travers la membrane externe chez *Pseudomonas aeruginosa* ». Soutenu le 23 octobre 2009. Directeur de thèse I. Schalk. Bourse de docteur ingénieur (BDI CNRS).

Penny Christian, «Réponses microbiennes au tétrachlorure de carbone». Soutenu le 17/09/09. Direction : S. Vuilleumier et F. Bringel. Bourse du Gouvernement du Luxembourg.

Auber Maud, «Pyrolyse-gazéification de la biomasse : maîtrise de la structure ainsi que des conditions thermiques et catalytiques pour une sélectivité donnée». Soutenu le 27 Août 2009. Directeur de thèse : A. Kiennemann. Bourse région Alsace co tutelle avec Nancy ENSIC.

Drebine Lamia, «Influence des dopants sur l'activité en synthèse de Fischer-Tropsch des catalyseurs à base de cobalt supportés sur béta-SiC». Soutenu en juillet 2009. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Contrat Total.

Laugel Guillaume, «Combustion catalytique de gaz inflammables à l'aide d'oxydes métalliques : application à la détection de fuites dans les turbines à gaz». Soutenu le 26 juin 2009. Co-direction : A. Kiennemann et F. Garin. Bourse Industrielle Général-Electric.

Azizi Yassine, «Influence des propriétés de surface d'oxydes mixtes sur l'ancrage des particules d'or : applications dans des réactions catalytiques d'oxydation et d'hydrogénation de l'acétylène». Soutenu le 27 avril 2009. Directeur de thèse : V. Pitchon. Bourse d'Algérie.

2008

May Issa, « Etudes expérimentale et théorique de l'effet du contact entre carbone et catalyseurs sur la réaction d'oxydation. » Soutenu le 8 décembre 2008. Directeur de Thèse : J.-F. Brilhac. Bourse MRT 2005-08.

Chan Thaw Carine, «Etude des réactions de contact des alcanes sur des catalyseurs acides solides. « Sulfatedzirconia deactivation during n-butane isomerization : an in situ UV-vis-NIR spectroscopic study ». Soutenu le 20 novembre 2008 . Co-direction : F. Jentoft (Univ. Berlin) et F. Garin (ICPEES). Contrat européen ELCASS.

Josset Sébastien, «Décontamination photocatalytique d'un bioaérosol contaminé par *Legionella pneumophila* et autres agents biologiques. Contribution à la conception de dispositifs de décontamination de l'air.» Soutenu le 17 octobre 2008. Direction M.-C. Lett (GMGM) et V. Keller-Spitzer (ICPEES).

Traboulsi Hassan, «Développement de biosondes fluorescentes et de nouveaux chélateurs». Soutenu le 23 Avril 2008. Directeur de thèse : A.-M. Albrecht-Gary, Co-encadrant : M. Elhabiri. Bourse MESR.

Jianming Yang, «Etude expérimentale et théorique du vieillissement de catalyseurs d'oxydation de CO utilisés dans le traitement de la pollution automobile». Soutenu le 25 février 2008 à l'UHA. Directeurs de thèse : F. Garin (ICPEES) et P. Gillot (GRE). Cofinancement industriel (Peugeot) et bourse Chinoise.

Amadou Julien, «CVD synthesis of Carbon Nanotubes, Characterizations and Applications in Catalysis». Soutenu en février 2008. Directeur de thèse : D. Bégin. Financement sur contrat européen.

Vanhaecke Estelle, «Combustion catalytique des suies Diesel sur catalyseurs à base de métaux nobles supportés sur carbure de silicium». Soutenue le 11 Janvier 2008. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Financement sur contrat industriel (Total SICAT).

Lacroix Maxime, «Optimisation des catalyseurs à base de cobalt supportés sur SiC pour la synthèse de Fischer-Tropsch en mode lit fixe». Soutenue en 2008. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Bourse ministérielle.

Rakotovelo G., «Etude ab initio du comportement de surfaces de BaTiO₃ en présence d'air et de vapeur d'eau». Soutenue en 2008. Directeur de thèse : P. Légaré. Bourse Malgache.

2007

Budimir Ana, «Mécanismes de chélation, d'oxydo-réduction et de transport de métaux par des ligands analogues de sidérophores bactériens et d'antibiotiques». Soutenue le 27 Novembre 2007. Directeur de thèse : Anne-Marie Albrecht-Gary, Co-encadrant : Mourad Elhabiri. Thèse Cotutelle France-Croatie partiellement financée par l'Ambassade de France à Zagreb, Croatie.

Hourcade Edith, «Dégradation du dichlorométhane et adaptation à la production d'acide intracellulaire chez *Methylobacterium*». Soutenue le 18/07/2007. Direction S. Vuilleumier. Bourse du Ministère.

Todorova Tatina, «Glutathione S-transferases and oxydative stress in *Saccharomyces cerevisiae*». thèse de doctorat en cotutelle ULP – Sofia. Soutenue le 20/06/2007. Direction : S.Vuilleumier et A. Kujumdzieva. Bourse Agence Universitaire de la Francophonie.

Dassens Audrey, « Méthode pour une approche globale de l'analyse des risques en entreprise ». Soutenue le 8 février 2007. Directeur de thèse : J.F. Brillhac. Financement : Conseil Général des Deux-Sèvres.

Haroun Mohamed F., «Simulation numérique de l'activation du méthane sur la surface (111) du nickel idéale et avec un « adatome ». Soutenue en 2007. Directeur de thèse : P.Legaré. Bourse Algérie.

2006

Djaida A, «Oxydation catalytique du méthane sur catalyseurs Ni/Al/MgO», thèse de doctorat algérien. Soutenue le 5/12/2006. Directeur de thèse : V. Pitchon. Bourse Algérienne.

Moussounda Paul-Sand, «Adsorption et activation du méthane et du méthanol sur la surface (100) du platine : une étude par la fonctionnelle de la densité». Soutenue le 10/11/2006, Directeur de thèse : P. Legaré. Bourse Congo.

Salhi N., «Reformage catalytique du méthane sur catalyseurs NiAl₂O₄», thèse de doctorat algérien. Soutenue le 20/07/2006 Directeur de thèse : V. Pitchon. Bourse Algérienne.

Hoteit Ali, «Etude expérimentale des mécanismes de capture du CO₂ par cycle calcium en lit fluidisé circulant». Soutenue le 13 juin 2006. Directeur de thèse : P. Gilot. Allocation recherche de l'UHA

Mechati Fatiha, «Etude du couplage entre diffusion et réaction de l'oxygène ou du dioxyde d'azote pendant la combustion d'un lit de suies». Soutenue le 12 juin 2006. Directeur de thèse : P. Gilot. Allocation de thèse de l'UHA

Aouad Georges, « Influence de *Pseudomonas aeruginosa* sur la dégradation des silicates. Incidence sur la stabilité de matrices de confinement des déchets et d'un mâchefer ». Soutenue le 24 février 2006. Direction : Crovisier, J.-L. (LHyGeS) et P. Stille. Co-encadrement V. Geoffroy pour la 2ème et 3ème année.

Brandel Jérémy, «Complexes supramoléculaires : mécanismes de reconnaissance». Soutenue le 27 Janvier 2006. Directeur de thèse : A.-M. Albrecht-Gary, Co-encadrant : M. Elhabiri. Bourse MESR.

El Berichi Zora, «Synthèse du SBA-15 pour les applications en chimie fine». Thèse en collaboration avec l'Université d'Alger. Soutenue en 2006. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Bourse Algérienne.

2005

Boulard Séverine. Couplage entre transport et adsorption d'hydrocarbures dans des matériaux catalytiques microporeux destinés à la réduction des NOx. 5 décembre 2005. Directeur de thèse P.Gilot. Financement contrat européen AMMONORE.

Varga José Carlos, «Reformage de l'éthanol sur catalyseurs Co/CeO₂-ZrO₂». Soutenue le 07/11/2005. Thèse de doctorat en co-tutelle avec la Colombie. Co-directeur : A. Kiennemann.

Thomas Sébastien, «Technologies avancées pour la dépollution des moteurs diesel des véhicules lourds : nouvelles formulations pour le piègeage et la réduction des NOx». Soutenue le 10/10/ 2005, Directeur de thèse : V. Pitchon.

Jeguirim Mejdj, «Contribution à la compréhension du mécanisme d'oxydation des suies par le dioxyde d'azote dans les conditions d'échappement Diesel – influence de la présence d'un catalyseur à base de platine». Soutenue le 12 juillet 2005. Directeur de thèse P. Ehrburger. Financement contrat européen COMET.

Nguyen Patrick, «Optimisation des catalyseurs à base de fer supporté sur -SiC pour la réaction d'oxydation sélective de l'H₂S en soufre élémentaire». Soutenue le 10/06/ 2005. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Financement sur fonds propres (LURGI).

Hama Ameen Baram Ahmed, «Préparation de petits cycles et hydrogénation sur Ru/Al₂O₃ et PtO₂. Soutenue le 06/06/2005». Thèse en co-direction entre Mme A. Solladié-Cavallo et F. Garin Bourse Algérienne.

Belatel Hafsia, «Contribution à l'étude des propriétés catalytiques des oxydes de molybdène et de tungstène. Corrélation entre structure de surface et activité catalytique». Soutenue le 1er/04/2005 Thèse en co-direction entre le Professeur A. Katrib et F. Garin. Bourse du Koweit.

Tessonnier Jean-Philippe, « Aromatisation du méthane sur des catalyseurs à base de Mo en inclusion dans une structure de H-ZSM5. Influence des paramètres de réaction sur l'activité et la stabilité». Soutenue le 4 Mars 2005. Directeur de thèse : Cuong Pham Huu. Financement sur fonds propres (SICAT).

Madani Behrang, «Synthèse de Fischer-Tropsch sur catalyseur à base de cobalt supporté sur carbure de silicium». Soutenue le 28/01/2005. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Financement sur fonds propres (Total).

Pesant Laurie, «Elaboration d'un nouveau système catalytique à base de carbure de silicium (β -SiC) pour la combustion des suies issues des automobiles à moteur diesel». Soutenue le 14/01/2005. Directeur de thèse : Cuong Pham Huu. Financement sur fonds propres (SICAT).

2004

Gomez-Garcia Miguel-Angel, «Absorption-réduction des NOx provenant d'installations fixes sur systèmes catalytiques HPW-métal supportés». Soutenue le 20/12/2004. Directeur de thèse : A.- C. Roger, co tutelle Colombie.

Muller Daniel, «Analyse génétique et moléculaire du stress arsenic de souches bactériennes isolées d'environnements contaminés par l'arsenic». Soutenue le 20/12/2004. Direction Lett M.-C.

Ivanova Svetlana, « Formation de nanoparticules d'or supportées: de la préparation à la réaction chimique». Soutenue le 01/12/2004. Directeur de thèse : A.- C. Roger.

Simeonova Diliانا, «Arsenic oxidation of *Cenibacterium arsenoxidans* : Potential application in bioremediation of arsenic contaminated groundwater». Thèse de doctorat en cotutelle ULP – Sofia. Soutenue le 22/10/2004. Direction Lett M.-C.

Swierczynski Dariusz, « Elaboration et développement d'un catalyseur. Ni/olivine pour la production d'hydrogène par gazéification de la biomasse en lit fluidisé». Soutenue le 22/10/2004. Directeurs de thèse : A. Kiennemann et A.-C. Roger.

Rodriguez G., «Etude de perovskites LaNi_xFe_{1-x}O₃ et LaCoFe_{1-x}O₃ pour la production de gaz de synthèse par reformage de l'éthane». Soutenue le 12/08/2004. Thèse de doctorat en cotutelle avec la Colombie. Co-direction A. Kiennemann.

2003

Jezequel Karine, «Bioaugmentation d'un sol agricole par des micro-organismes libres ou immobilisés en vue de réduire la phytodisponibilité potentielle du cadmium». Soutenue le 31/12/2003.

Ibticem Nadjar, «Etude des réactions d'oxydation des hydrocarbures et de CO sur les catalyseurs d'oxydation utilisés dans la ligne d'échappement des moteurs Diesel». Soutenue le 18 /12/2003 à l'UHA. Directeurs de thèse : P. Ehrburger (GRE) et G. Maire (ICPEES). Cofinancement : Région Alsace - PSA.

Di Gregorio François, « Structures et propriétés catalytiques des oxydes de tungstène supportés sur oxyde de zirconium pour les réactions d'isomérisation des hydrocarbures. Corrélations avec des mesures XPS». Soutenue le 03/11/2003. Directeurs de thèse : F. Garin et V. Keller.

NhutJean-Mario, « Réaction d'oxydation sélective de l'H₂S en soufre élémentaire ». Soutenu le 3/10/2003. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Financement sur fonds propres (SICAT).

Rauch Jérôme, « Conception d'un pilote semi-industriel pour l'étude de l'incinération des bois traités CCA. Comportement des éléments Cuivre, Chrome et Arsenic au cours du traitement ». Soutenu le 30/09/2003. Directeur de thèse G.Trouvé. Financement société Tredi.

Vieira Ricardo, « Synthèse et utilisation de nouveaux catalyseurs nanostructurés de décomposition de l'hydrazine pour des applications spatiales ». Soutenu le 30/09/2003. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Bourse du Brésil.

Rodriguez Gerardo, « Etude de perovskites LaNi_xFe_{1-x}O₃ et LaCoFe_{1-x}O₃ pour la production de gaz de synthèse par reformage de l'éthane ». Doctorat Université National de Bogota (Colombie). Soutenu le 25/08/2004. Directeur de thèse : A Kienneman.

N'Guyen Yvonne, « Recherche d'une phase catalytique à base d'oxydes mixtes pour la combustion des particules. Etude du contact entre le matériau carboné et le catalyseur. » Soutenu le 5/4/2003 à l'UHA. Directeurs de thèse : J.F. Brilhac (GRE) et C. Petit (ICPEES). Financement : Renault S.A.

Winé Gauthier, « Synthèse de zéolithe BETA sur du b-SiC et dans des nanotubes de carbone. Application à la réaction d'acylation de Friedel-Crafts ». Soutenu le 07/03/2004. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Financement sur fonds propres.

Leroi Pascaline, « Etude du reformage du méthane en gaz de synthèse sur catalyseurs à base de carbure de silicium ». Soutenu le 5/3/2003. Directeur de thèse : C. Pham Huu. Financement sur fonds propres (Total).

Axe 4

Laboratoire Image Ville Environnement	Laboratoire Société, Acteurs, Gouvernement en Europe/ Centre de Droit de l'Environnement de Strasbourg
Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement et Bureau d'Economie Théorique et Appliquée	Laboratoire « Cultures et Sociétés en Europe » et Laboratoire Société, Acteurs, Gouvernement en Europe

2013

Hamet Sarr, « Régulation de la pollution diffuse : analyse expérimentale de l'acceptabilité de la taxe ambiante ». Soutenu le 30 mai 2013. Direction A. Rozan. Financement : contrat doctoral.

2012

Eleuterio Julian, « La sensibilité de l'évaluation économique du coût des dommages engendrés par les inondations aux choix des modèles hydrauliques et aux types de dommages pris en compte ». Soutenu le 30 novembre 2012. Co-direction R. Mosé (IMFS, ENGEES) et A. Rozan, Université de Strasbourg. Financement bourse présidence de l'UdS (contrat doctoral).

Lucas Marthe, « La compensation environnementale, la notion juridique et son application ». Soutenu le 28 novembre 2012. Directeurs de thèse : J.-M. Staub et M.-P. Camproux Duffrene. Financement Voie Navigable de France.

Fan Wei, « La mise en place d'un marché du carbone en Chine ». Soutenu en juillet 2012. Directeur de thèse M.-P. Camproux Duffrene. Bourse Ambassade de France en Chine.

2011

Wahida Kihal, « Inégalités de santé, environnement de voisinage et impact sanitaire de la pollution atmosphérique : apports d'une analyse multidisciplinaire à fine échelle. Application à l'Agglomération strasbourgeoise ». Soutenu le 2/12/2011. Direction C. Weber et co direction D. Bard (EHESP). Financement ADEME.

N'goh Urbain Konan, « La protection de la diversité biologique entre droit des brevets et droit du développement ». Soutenu en novembre 2011. Directeur de thèse : M.-P. Camproux Duffrene. Bourse ambassade de France en Côte d'Ivoire.

2010

Kabil Hala, « Evaluation environnementale et image satellitale ». Soutenue le 25 novembre 2010. Direction : C Weber. Bourse syrienne.

Bedu Clémence, “Quand une citadelle technique se soumet à l’impératif participatif. Récit et analyse pragmatique d’une procédure de type mini-public dans le domaine de l’eau potable” Soutenue le 27 septembre 2010. Direction R. Barbier. Contrat de recherche avec Nantes Métropole.

Issaka Hamadou, « Mise en carte et gestion territoriale des risques en milieu urbain sahélien à travers l’exemple de Niamey (Niger) ». Soutenue le 20 septembre 2010. Direction : D Badariotti. Bourse Gouvernement du Niger.

Afif Mourad, « Dépollution et efficacité des instruments économiques en situation d’incertitude sur les coûts ». Soutenue le 23 juin 2010. Direction S. Spaeter, UdS. Sur fonds propres du doctorant puis 2 ans d’ATER.

2009

Curzydlo Alexia, « Les instruments juridiques d’intégration de la protection de l’environnement dans l’économie : les clauses contractuelles ». Soutenue le 2 décembre 2009. Directeur de thèse : G. Wiederkehr.

Dumax Nathalie, “Les mesures compensatoires: un indicateur du coût environnemental”. Soutenue le 27/11/2009. Direction A. Rozan. Financement Voie Navigable de France.

Heitz C., « La perception du risque de coulées boueuses. Analyse sociogéographique et apports en économie comportementale ». Soutenue le 27/11/2009. Co-direction: S. Glatron(LIVE) et S. Spaeter (BETA). Bourse présidence, Université de Strasbourg.

2008

Khalori A., «La qualité de l’air en milieu urbain : « Entre mesure et perception ». Soutenue le 28/11/2008. Direction : C. Weber. Bourse iranienne.

Ertlen Damien, «Archivages pédologiques et dynamiques environnementales : mise au point d’une méthode de reconnaissance des paléovégétations fondée sur l’analyse spectroscopique dans le proche infra-rouge (SPIR) des matières organiques de sols et paléosols». Soutenue le 18/11/2008. Direction : D. Schwartz. Financement propre.

2007

Wania A., “Urban vegetation – detection and function evaluation for air quality assessment. PCRD : Benefits of Urban Green Space (BUGS)”. Soutenue le 12/11/2007. Directeur de thèse : C. Weber. Source de financement : PCRD.

Dong Binh Tran Ti, “L’évolution de Da Nang (Vietnam)”. Soutenue le 4 juin 2007. Co direction D Badariotti , C Weber. et Phan Van Cu (Uni Hanoi) ,). Bourse vietnamienne.

Grandgirard A., “De la gestion intégrée comme doctrine à l’intégration comme défi de gestion”. Thèse en sciences de gestion. Paris, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. Soutenue en 2007. Direction M. Nakhla (CGS-ENSMP et Agro Paris) et R. Barbier (GESTE). Contrat FCPER.

2006

Beck Elise, “Interactions entre les risques sismiques et les risques technologiques : Application au milieu urbain”. Soutenue le 28/09/2006. Directeurs de thèse C. Weber et M. Granet. Bourse MRT.

Nafi, A., “La programmation pluriannuelle des réseaux d’eau potable”. Soutenue en 2006. Directeur de thèse : P. Llerena. Bourse Cemagref.

2005

Lhomme Stéphane, «Elaboration d’une méthode d’extraction semi-automatique du bâti à partir d’images THRS». Soutenue le 30 novembre 2005. Directeurs de thèse : C. Weber (ULP Strasbourg) et D. Morin (Université de Sherbrooke, Québec, Canada). Bourse du Canada.

Turck Christine, «Prédiction de couverture de champ radioélectrique pour les réseaux radiomobiles : l’apport des Systèmes d’Information Géographique. Application en milieu urbain». Soutenue le 9/11/2005. Directeur de thèse : C. Weber. Bourse CIFRE France Télécom.

Ribstein Josiane, « La transhumance bovine dans le massif vosgien et l'arc alpin : analyse ethno-écologique ». Soutenue en octobre 2005. Direction C. Méchin. Financement partiel : Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges (Haut Rhin).

2003

Puissant Anne, «Information géographique et images à Très Haute Résolution : utilité et applications en milieu urbain». Soutenue le 15 décembre 2003. Directeur de thèse : C. Weber. Bourse MRT.

Cochard F., «Régulation de la Pollution Diffuse : Etudes Expérimentales de l'Efficacité des Instruments Fiscaux». Soutenue le 10/12/2003. Co-direction M. Willinger (ULP) et A. Xepapadeas (Univ. De Crète). Financement contrat doctoral et Collège doctoral européen.

Nguyen Van P., «Croissance économique et environnement». Soutenue le 4 décembre 2003. Directeur de thèse : F. Laisney et R. Dos Santos Ferreira. Bourse doctorale ministère.

Petropoulou Chryssanthi, «Mutations urbaines et changements sociaux dans les grandes villes récemment industrialisées. Le cas de Mexico et d'Athènes». Soutenue le 25/11/2003. Directeur de thèse C. Weber. Sans financement.

Antoni Jean-Philippe, «Modélisation de l'étalement urbain : l'exemple de la ville de Belfort». Soutenue en 2003. Directeur de thèse C. Cauvin.

Les Publications depuis 2003

Publications dans des revues à comité de lecture (ACL)

AXE 1

Institut de Chimie de Strasbourg /Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire

Institut Hubert Curien/ équipe "Radiochimie"

Institut de Physique du Globe/ équipe "Géophysique Expérimentale"

Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg / équipe "Géochimie Isotopique et Chimie de l'Environnement"

Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg/ équipe "Processus Élémentaire et Modélisation "

Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement

2014

Aochi, H., Poisson, B., Toussaint, R., Rachez, X., Schmittbuhl, J., 2014, Self-induced seismicity due to fluid circulation along faults, *Geophys. J. Int.* 196 (3): 1544-1563. doi: 10.1093/gji/ggt356

Imfeld G., Kopinke F.D., Fischer A., Richnow H. (2014). Carbon and hydrogen isotope fractionation of benzene and toluene during hydrophobic sorption in multistep batch experiments. *Chemosphere*, accepted.

Elsayed O., Maillard E., Vuilleumier S., Nijenhuis I., Richnow H.H., Imfeld G. (2014). Using compound specific isotope analysis to assess the degradation of chloroacetanilide herbicides in lab-scale wetlands. *Chemosphere* 99:89-95.

Gangloff S., Stille P., Pierret M-C., Weber T., Chabaux F. (2014) Characterization and evolution of dissolved organic matter in acidic forest soil and its impact on the mobility of major and trace elements (case of the Strengbach watershed) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 130, 21-41.

M. Lefrancq, S. Payraudeau, A. Joaquín García Verdú, E. Maillard, M. Millet & G. Imfeld. Transport of cyazofamid and kresoxim methyl in runoff at the plot and catchment scales. *Environmental Science and Pollution Research*, (2013), sous presse

Niebling, M.J., Tallakstad, K.T., Toussaint, R., Måløy, K.J., 2014, Direct velocity measurement of a turbulent shear flow in a planar Couette cell, *Phys. Rev. E* 89, 013026.

Schaffhauser T., Chabaux F., B. Ambroise, Y. Lucas, P. Stille, T. Reuschlé, T. Perrone, B. Fritz (2014) Geochemical and isotopic (U, Sr) tracing of water pathways in the granitic Ringelbach catchment (Vosges Mountains, France) *Chemical Geology*, 374-375, 117-127.

G. Schnell, P. Schaeffer, H. Tardivon, E. Motsch, J. Connan, D. Ertlen, D. Schwartz, N. Schneider, P. Adam (2014). Contrasting diagenetic pathways of higher plant triterpenes in buried wood as a function of tree species. *Organic Geochemistry*, 66, 107-124.

2013

E. Aharonov; L. Goren; D. Sparks; R. Toussaint, Localization of Shear in Saturated Granular Media: Insights from a Multi-Scaled Granular-Fluid Model, in: Christian Hellmich, Bernhard Pichler, and Dietmar Adam, eds. Fifth Biot Conference on Poromechanics, Jul 2013, Vienna, Austria. American Society of Civil Engineers, Poromechanics V: Proceedings of the Fifth Biot Conference on Poromechanics, pp. 471-480, ISBN: 9780784412992

Allègre, V., Lehmann, F., Jouniaux, L., Sailhac, P., and R. Toussaint, Modelling the streaming potential dependence on water-content in sand: influence of pressure dynamics and fluid flow, *Transport in Porous Media*, en corrections (2013)

Bagard ML, Schmitt AD, Chabaux F., Pokrovsky O., Viers J., Stille P., Labolle F., Prokushkin A. (2013) Biogeochemistry of stable Ca and radiogenic Sr isotopes in larch-covered permafrost- dominated watershed of Central Siberia., *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 114, 169-187.

Chabaux F., Blaes E., Stille P., di Chiara Roupert R., Pelt E., Dosseto A., Ma L., Buss H., Brantley S.L. (2013). Regolith formation rate from U-series nuclides: Implications from the study of a spheroidal weathering profile in the Rio Icacos watershed (Puerto Rico) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 100, 73-95.

Del Nero M., Galindo C., Bucher G., Georg S., Mazan V., Barillon R. 2013. Speciation of oxalate at corundum colloid-solution interfaces and its effect on colloid aggregation under conditions relevant to freshwaters. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 418, 165-163.

Destandau, F., Imfeld G., Rozan A., 2013, "Regulation of diffuse pesticide pollution: Combining point source reduction and mitigation in stormwater wetland (Rouffach, France)", *Ecological Engineering*, 10, 299-308. dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.030.

J.-R. Dujardin; M. Bano, Topographic migration of GPR data: Examples from Chad and Mongolia, *Comptes Rendus Géoscience*, 2013, 345 (2), pp. 73-80

Durst R., Imfeld G., Lange J. (2013). Transport of isoproturon, metalaxyl and artificial tracers in lab-scale wetlands. *Water Resources Research*. DOI : 10.1002/wrcr.20080

Galindo C., Del Nero M. 2013. Trace Level Uranyl Complexation with Phenylphosphonic Acid in Aqueous Solution: Direct Speciation by High Resolution Mass Spectrometry. *Inorganic Chemistry* 52, 4372-4383.

I. Ghani; D. Koehn; R. Toussaint; C. W. Passchier, Dynamic Development of Hydrofracture, *Pure and Applied Geophysics*, 2013, 170 (11), pp. 1685-1703

L. Goren; R. Toussaint; E. Aharonov; D. Sparks; E. G. Flekkøy, A General Criterion for Liquefaction in Granular Layers with Heterogeneous Pore Pressure, in: Christian Hellmich, Bernhard Pichler, and Dietmar Adam, eds. *Fifth Biot Conference on Poromechanics*, Jul 2013, Vienna, Austria. American Society of Civil Engineers, *Poromechanics V: Proceedings of the Fifth Biot Conference on Poromechanics*, pp. 415-424, ISBN: 9780784412992

Imfeld G., Lefrancq M., Maillard E., Payraudeau S. (2013). Transport and attenuation of glyphosate and AMPA in a stormwater wetland. *Chemosphere*. 90(4):1333-9. doi : 10.1016/j.chemosphere.2012.04.054.

Lefrancq M., Imfeld G., Payraudeau S., Millet M. (2013). Kresoxim methyl deposition, drift and runoff in a vineyard catchment. *Science of the Total Environment* 442:503-8. doi : 10.1016/j.scitotenv.2012.09.082.

Lefrancq M., Payraudeau S., García Verdú A.J., Maillard M., Millet M., Imfeld G. (2013). Fungicides transport in runoff from vineyard plot and catchment : contribution of non-target areas. *Environmental Science Pollution Research*. DOI 10.1007/s11356-013-1866-8.

Ma L., Chabaux F., West N., Kirby E., Jin L., Brantley S. (2013). Regolith production and transport in the Susquehanna Shale Hills Critical Zone Observatory, Part 1: Insights from U-series isotopes. *Journal of Geophysical Research. Earth Surface* 118, 722-740

S. Naher, P. Schaeffer, P. Adam, C.J. Schubert (2013) Maleimides in recent sediments - Using chlorophyll degradation products in palaeoenvironmental reconstructions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 119, 248-264.

A. Neuville; E. G. Flekkøy; R. Toussaint, Influence of asperities on fluid and thermal flow in a fracture: a coupled Lattice Boltzmann study, *Journal of Geophysical Research B*, 2013, online first.

Pelt E., Chabaux F., Stille P., Innocent C., Ghaleb B., Girard M., Guntzer F. (2013) Atmospheric dust contribution to the budget of U-series nuclides in soils from the Mount Cameroon volcano, *Chemical Geology*, 341, 147-157.

Schmitt A.-D., Cobert F., Bourgeade P., Ertlin D., Labolle F., Gangloff S., Badot P.-M., Chabaux F., Stille P. (2013) Calcium isotope fractionation during plant growth under a limiting nutrient supply, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 100, 73-95.

Stille P., Pierret M.C., Steinmann M., Chabaux F., Gauthier-Lafaye F., Pourcelot L., Viville D., Boutin R. and Morvan G., 2009. The impact of atmospheric deposition and vegetation on soil evolution and stream waters in the forested Strengbach catchment (Vosges Mountains, France) ; REE, Sr-Nd isotopes evidence. *Chemical Geology*, In press

K. T. Tallakstad; R. Toussaint, S. Santucci; K.J. Måløy, The non-Gaussian nature of fracture and the survival of fat-tail exponents, *Physical Review Letters*, 2013, 110, pp. 145501

G. Vasseur; L. Xiaorong; J. Yan; D. Loggia; R. Toussaint; J. Schmittbuhl, Flow regime associated with vertical secondary migration, *Marine and Petroleum Geology*, 2013, 45, pp. 150-158

Voinot A., Lemarchand D., Collignon C., Granet M., Chabaux F., Turpault MP (2013) Experimental dissolution vs. Transformation of micas in acid soil conditions : clues from boron isotopes *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 117, 144-160.

S. Warden; S. Garambois; L. Jouniaux; D. Brito; P. Sailhac; C. Bordes, Seismoelectric wave propagation numerical modelling in partially saturated materials, *Geophysical Journal International*, 2013, 194 (3), pp. 1498-1513, DOI : 10.1093/gji/ggt198

P. Wawrzyniak; P. Sailhac; G. Marquis, Robust error on magnetotelluric impedance estimates, *Geophysical Prospecting*, 2013, 61, pp. 533-546, DOI : 10.1111/j.1365-2478.2012.01094.x

2012

Allègre V., Lehmann F., Ackerer P., Jouniaux L., Sailhac P., «A 1-D modelling of streaming potential dependence on water content during drainage experiment in sand .», *Geophysical Journal International*, 189 285-295 (2012)

Brioshi L., Steinmann M., Lucot E., Pierret M.C., Stille P., Prunier J., Badot P.M. (2012). Transfer of rare earth elements (REE) from natural soil to plant systems: implications for the environmental availability of anthropogenic REE. *Plant Soil* DOI 10.1007/s11104-012-1407-0

Chabaux F., Granet M. (2012). Reply to the comment by T. Vogt on “Geochemical and isotopic (Sr,U) variations of lake waters in the Ol’khon Region, Siberia, Russia: Origin and paleoenvironmental implications” by F. Chabaux et al. [*C.R. Geoscience* 343 (2011) 462–470] *CR Geoscience* 344, 534-539.

Chabaux F., Paquet H. (2012). Erosion–Alteration: From fundamental mechanisms to geodynamic consequences (Ebelmen’s Symposium). *CR Geoscience*, 344, 541-543

Chabaux F., Blaes E., Granet M., Di Chiara Roupert R., Stille P. (2012). Determination of transfer time for sediments in alluvial plains using ^{238}U - ^{234}U - ^{230}Th disequilibria: The case of the Ganges river system. *CR Geoscience* 344, 688-703.

Del Nero M., Galindo C., Bucher G., Barillon R. 2012. Monitoring dynamics of species and adsorption reactions at the corundum-oxalate-solution interface by in-situ ATR-FTIR. *Mineralogical Magazine* 76(6), 1638.

Galindo C., Del Nero M., Courson O., Georg S. 2012. U(VI)-organic phosphate complex formation studied by ESI-FTMS. *Mineralogical Magazine* 76(6), 1734.

Guéguen F, Stille P., Lahd Geagea M., Perrone Th., Chabaux F. (2012). Atmospheric pollution in an urban environment by tree bark biomonitoring. Part II: Sr, Nd and Pb isotopic tracing. *Chemosphere*, 86, 641-647.

Guéguen F, Stille P., Dietze V., Gieré R. (2012). Chemical and isotopic properties and origin of airborne particles collected by passive samplers in industrial, urban, and rural environments. *Atmospheric Env.*, 2012, 62, 631-645.

Guillemoteau J., Bano M., Dujardin J.-R., «Influence of grain size, shape and compaction on georadar waves: example of an Aeolian dune.», *Geophysical Journal International*, 190 1455-1463 (2012).

Guillemoteau J., Sailhac P., Behaegel M., «Fast approximate 2D inversion of airborne TEM data: Born approximation and empirical approach», *Geophysics*, 77 WB89-WB97 (2012).

Jeambrun M., Pourcelot L., Mercat C., Boulet B., Pelt E., Chabaux F., Cagnat X., Gauthier-Lafaye F. (2012). Potential sources affecting the activity concentrations of ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th and some decay products in lettuce and wheat samples.. *J. Environ. Monit.*, 2012, 14, 2902-2912.

Jouniaux L., Ishido T., «Electrokinetics in Earth Sciences: A Tutorial», *International Journal of Geophysics*, 2012 Article ID 286107 (2012)

Jouniaux L., Bordes C., «Frequency-dependent streaming potentials: a review», *International Journal of Geophysics*, 2012 ID 648781 (2012).

Koehn D., Ebner M., Renard F., Toussaint R., Passchier C.W., «Modelling of stylolite geometries and stress scaling»,

Earth and Planetary Science Letters, 341-343 104-113 (2012)

Laronne Ben-Itzhak L., Aharonov E., Toussaint R., Sagy A., «The Life and Death of Stylolites: stylolite roughness as indicator for the duration and amount of dissolution», Earth and Planetary Science Letters, 337-338 186-196 (2012)

Lemarchand D., Cividini D., Turpault M.P. and Chabaux F., 2012. Boron isotopes in different grain size fractions : Exploring past and present water-rock interactions from two soil profiles (Strengbach, Vosges Mountain). *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 98, 78-93.

Lengliné O., Elkhoury J.E., Daniel G., Schmittbuhl J., Toussaint R., Ampuero J.-P., Bouchon M., «Interplay of seismic and aseismic deformations during earthquake swarms: An experimental approach», Earth and Planetary Science Letters, 331-332 215-223 (2012)

Le Roux G., Fagel N., De Vleeschouwer F., Krachler M., Debaille V., Stille P., Mattielli N., Van Der Knaap W.O., Van Leeuwen J. F.N., Shotyk W. (2012). Volcano- and climate-driven changes in atmospheric dust sources and fluxes since the Late Glacial in Central Europe. . *Geology*, 2012, 40, 335-338.

Ma L., Chabaux F., Pelt E., Granet M., Sak P., Gaillardet J., Lebedeva M., Brantley S.B. (2012) The effect of curvature on weathering rind formation: evidence from U-series isotopes in basaltic andesite weathering clasts in Guadeloupe. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 80, 92-107.

Marzougui S., Schäfer G., Dridi L. 2012 Prediction of Vertical DNAPL Vapour Fluxes in Soils Using Quasi-Analytical Approaches: Bias Related to Density-Driven and Pressure-Gradient-Induced Advection. *Water Air Soil Pollut.* 223, 5817-5840. doi 10.1007/s11270-012-1319-x

Masson F., Viville D., Pierret M.C., Mouyen M., Hecker L., Chabaux F. (2012). Time-lapse microgravity study of the Strengbach catchment (Vosges mountains, France). *CR Geoscience*, 344, 357-365.

Mériaux A.-S., Van Der Woerd J., Tapponnier P., J. Ryerson F., C. Finkel R., Lasserre C., Xu X., «The Pingding segment of the Altyn Tagh Fault (91E): Holocene slip-rate determination from cosmogenic radionuclide dating of offset fluvial terraces», *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 117 B09406 (2012)

Neuville A., Toussaint R., Schmittbuhl J., «Fracture aperture reconstruction and determination of hydrological properties: a case study at Draix (French Alps)», *Hydrological Processes*, 7985 (2012)

Neuville A., Toussaint R., Schmittbuhl J., Koehn D., Schwarz J. O., «Characterization of major discontinuities from borehole cores of the black consolidated marl formation of Draix (French Alps)», *Hydrological Processes*, 7984 (2012)

Niebling M., Toussaint R., Flekkøy E. G., Måløy K.J., «Numerical studies of aerofractures in porous media / Estudios numericos de aerofractures en medios porosos», *Revista Cubana de Fisica*, 29 1E66 (2012)

Nsir K., Schäfer G., Di Chiara Roupert R., Razakarisoa O., Toussaint R., «Laboratory experiments on DNAPL gravity fingering in water-saturated porous media», *International Journal of Multiphase Flow*, 40 83-92 (2012)

Ounaies S., Schäfer G., Trémoilières M., 2012. Quantification of vertical water fluxes in the vadose zone using particle-size distribution and pedology-based approaches to model soil heterogeneities. *Hydrological Processes*. doi : 10.1002/hyp.9365.

Pierret M.C., Chabaux F., Sag L., Causse C. (2012). A record of Late Quaternary continental weathering in the sediment of the Caspian Sea: evidence from U-Th, Sr isotopes, trace element and palynological data. *Quaternary science review*, 51, 40-55

Pokrovsky O., Viers J., Dupré B., Chabaux F., Gaillardet J., Audry S., Prokushkin A., Shirokova L., Kirpotin S., Lapitsky S., Shevchenko V. (2012). Biogeochemistry of carbon, major and trace elements in watersheds of northern Eurasia drained to the Arctic Ocean: The change of fluxes, sources and mechanisms under the climate warming prospective.. *CR Geoscience* 344, 663-677.

Rolland A., Toussaint R., Baud P., Schmittbuhl J., Conil N., Koehn D., Renard F., Gratier J.-P., «Modeling the growth of stylolites in sedimentary rocks», *Journal of Geophysical Research*, 117 B06403 (2012)

Schmitt A.-D., Vigier N., Lemarchand D., Millot R., Chabaux F., Stille P. (2012) Processes controlling the stable isotope compositions of Li, B, Mg and Ca in plants, soils and waters: A review, *Comptes Rendus Géosciences* 344, 704-722.

G. Schnell, P. Schaeffer, E. Motsch, P. Adam (2012) Triterpenoids functionalized at C-2 as diagenetic transformation

products of 2,3-dioxygenated triterpenoids from higher plants in buried wood. *Organic & Biomolecular Chemistry* 10, 8276-8282.

Stille P., Schmitt A.-D., Labolle F., Pierret M.-C., Gangloff S., Cobert F., Lucot E., Guéguen F., Brioschi L., Steinmann M., Chabaux F. (2012) The suitability of annual tree growth rings as environmental archives: Evidence from Sr, Nd, Pb and Ca isotopes in spruce growth rings from the Strengbach watershed, *Comptes Rendus Géosciences* 344, 297-311.

Toussaint R., Måløy K. J., Méheust Y., Løvoll G., Jankov M., Schäfer G., Schmittbuhl J., «Two-phase flow: structure, upscaling, and consequences for macroscopic transport properties», *Vadose Zone Journal*, 11 vzj2011.0123 (2012)

Travelletti J., Delacourt C., Allemand P., Malet J.-P., Schmittbuhl J., Toussaint R., Bastard M., «Correlation of multi-temporal ground-based optical images for landslide monitoring: Application, potential and limitations», *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 70 39-55 (2012)

Verma M.P., G. Izquierdo, G.A. Urbino, S. Gangloff, R. García, A. Aparicio, T. Conte, M.A. Armienta, M. Sánchez, J.R.P. Gabriel, I.D. Fajanela, R. Renderos, C.B.A. Acha, R. Prasetyo, I.C. Grajales, L.R. Delgado, K. Opondo, R.Z. Esparza, L.A. Panama, (2012). Inter-laboratory comparison of SiO₂ analysis for geothermal water chemistry. *Geothermics* 44, 33-42.

Vinningland J. L., Toussaint R., Niebling M., Flekkøy E. G., Måløy K. J., «Family-Vicsek scaling of detachment fronts in Granular Rayleigh Taylor Instabilities during sedimenting granular/fluid flows», *The European Physics Journal - Special Topics*, 204 27-40 (2012)

Viville D., Chabaux F., Stille P., Pierret M.C., Gangloff S., 2012. Erosion and weathering fluxes in granitic basins: The example of the Strengbach catchment (Vosges massif, eastern France). *Catena*, 92, 122-129.

Warden S., Garambois S., Sailhac P., Jouniaux L., Bano M., «Curvelet-based seismoelectric data processing», *Geophysical Journal International*, 190 1533-1550 (2012)

Yan J., Xiaorong L., Wang W., Chen F., Toussaint R., Schmittbuhl J., Vasseur G., Zhang L., «Testing oil saturation distribution in migration paths using MRI», *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 86-87 237-245 (2012)

Yan J., Xiaorong L., Wang W., Toussaint R., Schmittbuhl J., Vasseur G., Chen F., Yu A., Zhang L., «An experimental study of oil secondary migration in a three dimensional porous space», *AAPG Bulletin*, 96 773-788 (2012)

2011

Allard T., Weber T., Bellot C., Damblans C., Bardy M., Bueno G., Nascimento N.R., Fritsch E., Benedetti M.F. (2011). Tracing source and evolution of suspended particles in the Rio Negro Basin (Brazil) using chemical species of iron. *Chem. Geol.*, 2011, 280, 1-2, 79-88. doi:10.1016/j.chemgeo.2010.10.018

Allègre V., Jouniaux L., Lehmann F., Sailhac P. Reply to comment by A. Revil & N. Linde on —Streaming potential dependence on water-content in Fontainebleau sand *Geophys. J. Int.*, 2011, 186(1)115-117.

Bacon A.M., Durringer Ph., Antoine P.-A., Dmeyer F., Shackelford L., Sayavongkhamdy T., Sichanthongtip P., Khamdavalong P., Nokhamaomphu S., Sysupanh V., Patole-Edoumba E., Chabaux F., Pelt E. (2011). The middle Pleistocene mammalian fauna from Tam Hang karstic deposit, northern Laos : new data and evolutionary hypothesis. *Quaternary International* 245, 315-332

Bagard M.L., Chabaux F., Pokrovsky O.S., Viers J., Prokushkin A.S., Stille P., Rihs S., Schmitt A.D., Dupré B. Seasonal variability of element fluxes in two Central Siberian rivers draining high latitude permafrost dominated areas. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2011, 75, 12, 3335-3357. doi: 10.1016/j.gca.2011.03.024

Chabaux F., Ma L., Stille P., Pelt E., Granet M., Lemarchand D., Di Chiara Roupert R., Brantley S.L. Determination of chemical weathering rates from U series nuclides in soils and weathering profiles: Principles, applications and limitations. *Appl. Geochem.*, 2011, 26, S1, S20-S23. doi: 10.1016/j.apgeochem.2011.03.019

Chabaux F., Granet M., Larqué P., Riotte J., Skliarov E.V., Skliarova O., Alexeieva L., Risacher F. (2011). Geochemical and Isotopic (Sr,U) variations of lake waters in the Ol'khon Region, Siberia, Russia ; Origin and paleoenvironmental implications. *C.R. Geoscience*, 343, 462-470

Chevalier M.-L., Tapponnier P., Van Der Woerd J., Ryerson F.J., Finkel R.C., Li H., «Spatially constant slip rate along the southern segment of the Karakorum fault since 200 ka», *Tectonophysics*, 530-531 152-179 (2011)

Cobert F., Schmitt A.-D., Bourgeade P., Labolle F., Badot P.-M., Chabaux F., Stille P. (2011a) Experimental identification of Ca isotopic fractionations in higher plants, *Geochim. Cosmochim Acta* 75, 5467-5482.

Cobert F., Schmitt A.-D., Calvaruso Ch., Turpault M.-P, Lemarchand D., Collignon Ch., Chabaux F., Stille P. (2011b) Biotic and abiotic experimental identification of bacterial influence on Ca isotopic signatures, *Rapid Com. in Mass Spectrom.* 25, 2760-2768.

Del Nero M., Galindo C., Barillon R., Madé B. 2011. TRLFS Evidence for Precipitation of Uranyl Phosphate on the Surface of Alumina: Environmental Implications. *Environmental Science and Technology*, 45(9), 3982–3988.

Guillemoteau J., Sailhac P., Behaegel M., «Regularization strategy for the layered inversion of airborne TEM data: application to VTEM data acquired over the basin of Franceville (Gabon)», *Geophysical Prospecting*, 59 1132-1143 (2011)

Godet A., Föllmi K.B., Stille P., Bodin S., Matera V., Adatte T. Reconciling strontium-isotope and K-Ar ages with biostratigraphy: the case of the Urgonian platform, Early Cretaceous of the Jura Mountains, Western Switzerland. *Swiss J. Geosci.*, 2011, 104, 1, 147-160. doi: 10.1007/s00015-011-0053-5

Goren L., Aharonov E., Sparks D., Toussaint R., «The mechanical coupling of fluid-filled granular material under shear», *Pure and Applied Geophysics*, 168 2289-2323 (2011)

Guéguen F., Stille P., Millet M. (2011) Air quality assessment by tree bark biomonitoring in urban, industrial and rural environments of the Rhine Valley: PCDD/Fs, PCBs and trace metal evidence. *Chemosphere*, 2011, 85, 195-202

Imfeld G., Pieper H., Shani N., Rossi P., Nikolausz M., Nijenhuis I., Paschke H, Weiss H., Richnow H.H. Characterization of groundwater microbial communities, dechlorinating bacteria and in situ biodegradation of chloroethenes along a vertical gradient. *Water, Air, Soil Pollut., Online First*, 11 March 2011. doi: 10.1007/s11270-011-0774-0.

Imfeld G., Aragon Aragonés C.E., Fetzer I, Mészáros E, Zeiger S., Nijenhuis I., Nikolausz M., Delerce S, Richnow H.H. Characterization of microbial communities in the aqueous phases of a constructed model wetland treating 1,2-dichloroethenes contaminated ground water. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 2010, 72, 74-88. doi: 10.1111/j.1574-6941.2009.00825

Lengliné O., Schmittbuhl J., Elkhoury J.E., Ampuero J.-P., Toussaint R., Måløy K. J., «Downscaling of fracture energy during brittle creep experiments», *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 116 B08215 (2011)

Lengliné O., Toussaint R., Schmittbuhl J., Elkhoury J.E., Ampuero J.-P., Tallakstad K. T., Santucci S., Måløy K. J., «Average crack-front velocity during subcritical fracture propagation in a heterogeneous medium», *Physical Review E*, 84 036104 (2011)

Li H., Van Der Woerd J., Sun Z., Si J., Tapponnier P., Pan J., Liu D., Chevalier M.-L., «Co-seismic and cumulative offsets of the recent earthquakes along the Karakax left-lateral strike-slip fault in western Tibet», *Gondwana Research*, 21 64-87 (2011)

Løvoll G., Jankov M., Måløy K.J., Toussaint R., Schmittbuhl J., Schafer G., Méheust Y., «Influence of Viscous Fingering on Dynamic Saturation-Pressure Curves in Porous Media», *Transport in Porous Media*, 86 335-354 (2011)

Maillard M., Payraudeau S., Faivre E., Gregoire C., Gangloff S., Imfeld G. Removal of pesticide mixtures in a stormwater wetland collecting runoff from a vineyard catchment. *Sci.Total Environ.*, 2011, 409, 11, 2317-2324. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.01.057

Marie-Luce C., Hilley G., Tapponnier P., Van Der Woerd J., Jing L.-Z., Finkel R.C., Ryerson F.J., Li H., Liu X., «Constraints on the late Quaternary glaciations in Tibet from cosmogenic exposure ages of moraine surfaces», *Quaternary Science Reviews*, 30 528-554 (2011)

Neuvville A., Toussaint R., Schmittbuhl J., «Hydraulic transmissivity and heat exchange efficiency of rough fractures: a model based on lowpass filtered apertures», *Geophysical Journal International*, 186 pages 1064-1072 (2011)

Perrineau A., Van Der Woerd J., Gaudemer Y., Liu-Zeng J., Pik R., Tapponnier P., Thuizat R., Zheng R., «Incision rate of the Yellow River in Northeastern Tibet constrained by ¹⁰Be and ²⁶Al cosmogenic isotope dating of fluvial terraces: implications for catchment evolution and plateau building», *Special Publication - Geological Society of London*, 353 189-219 (2011)

Pierret M.C., Clauer N. Reply to the comment of Mitchell et al. (2010) on "Formation of Thetis Deep metal-rich sediments in the absence of brines, Red Sea" by Pierret et al. (2010). *J. Geochem. Explor.*, 2011, 108, 1, 114. doi: 10.1016/j.gexplo.2010.10.009.

Rihs S., Prunier J., Thien B., Lemarchand D., Pierret M.C. and Chabaux F., 2011. Using short-lived nuclides of the U- and Th-series to probe the kinetics of colloid migration in forested soils. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75, 7707-7724

Schmitt A.D., Cobert F., Bourgeade P., Ertlin D., Labolle F., Gangloff S., Badot P.M., Chabaux F., Stille P. (2013). Calcium isotope fractionation during plant growth under limiting nutrient supply. *Geochimica et Cosmochimica Acta*.

Stehle S, Elsaesser D., Gregoire C., Imfeld G., Niehaus E., Passeport E., Payraudeau S., Schäfer R.B., Tournebize J., Schulz R. Pesticide Risk Mitigation by Vegetated Treatment Systems: A Meta-analysis. *J. Environ. Quality*. online 18 May 2011, doi: 10.2134/jeq2010.0510

Stille P., Pourcelot L., Granet M., Pierret M.-C., Perrone Th, Morvan G., Chabaux F. (2011). Deposition and migration of atmospheric Pb in soils from a forested silicate catchment today and in the past (Strengbach case ; Vosges mountains) ; evidence from 210Pb activities and Pb isotope ratios. *Chem. Geol.* 289,140-153 (2011).

Strahser M., Jouniaux L., Sailhac P., Matthey P.-D., Zillmer M., «Dependence of seismoelectric amplitudes on water content», *Geophysical Journal International*, 187 1378-1392 (2011)

Travelletti J., Sailhac P., Malet J.-P., Grandjean G., Ponton J., «Hydrological response of weathered clay-shale slopes: water infiltration monitoring with time-lapse electrical resistivity tomography», *Hydrological Processes*, 26 14 p. (2011)

Wanko A., Tapia G., Mose R., Gregoire C. A new empirical law to accurately predict solute retention capacity within horizontal flow constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 2011, 37, 4, 636-643.

2010

Allègre V., Jouniaux L., Lehmann F., Sailhac P., «Streaming potential dependence on water-content in Fontainebleau sand», *Geophysical Journal International*, 182 1248-1266 (2010)

Cividini D., Lemarchand D., Boutin R., Pierret M.-C., and Chabaux F. 2010. From biological to lithological control of the B geochemical cycle in a forested watershed (Strengbach, Vosges). *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 74, 3143-3163

Condomines M., Rihs S., Lloret E., Seidel J.L. Determination of the four natural Ra isotopes in thermal waters by gamma-ray spectrometry. *Appl. Radiat. Isot.*, 2010, 68, 2, 384-391.

Del Nero M., Galindo C., Barillon R., Halter E., Madé B. 2010. Surface reactivity of α -Al₂O₃ and mechanisms of phosphate sorption: In situ ATR-FTIR spectroscopy and ζ potential studies. *Journal of Colloid and Interface Science*, 342(2), 437-444.

Del Nero M., Galindo C., Barillon R. 2010. Surface precipitation at the Al₂O₃ / uranyl phosphate solution interface, *Goldschmidt Conference Abstracts 2010-D, A221*, *Geochimica Cosmochimica Acta* 74(12), Supplement 1.

De Michele M., Raucoules D., Lasserre C., Pathier E., Klinger Y., Van Der Woerd J., De Sigoyer J., Xu X., «The Mw 7.9, 12 May 2008 Sichuan earthquake rupture measured by sub-pixel correlation of ALOS PALSAR amplitude images», *Earth Planets and Space*, 62 875-879 (2010)

Galindo C., Del Nero M., Barillon R., Halter E., Madé B. 2010. Mechanisms of uranyl and phosphate (co)sorption: Complexation and precipitation at α -Al₂O₃ surfaces. *Journal of Colloid and Interface Science*, 347(2), 282-289.

Gourgiotis A., Granet M., Isnard H., Nonell A., Gautier C., Aubert M., Durand D., Legand S., Chartier F. Simultaneous U/Pu separation and direct isotope ratio measurements by using CO₂ as gas in a collision/reaction cell based MC-ICPMS. *J. Anal. At. Spectrom.*, 2010, 25, 1939-1945.

Granet M., Chabaux F., Stille P., Dosseto A., France-Lanord C., Blaes E. U-series disequilibria in suspended river sediments and implication for sediment transfer time in alluvial plains: the case of the Himalayan rivers. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2010, 74, 10, 2851-2865.

Gueguen F., Nonell A., Granet M., Favre G., Isnard H., Chartier F. Eu isotopic measurements with in situ Eu/Gd/Sm separation using O₂ as a reactant gas in collision/reaction cell based MC-ICP-MS. *J. Anal. At. Spectrom.*, 2010, 25, 201-205.

Grobéty B., Giéré, R., Dietze V, Stille P. Airborne particles in the Urban Environment. *Elements*, 2010, 6, 229-234. doi: 10.2113/gselements.6.4.229

Halter E., Montgomery P., Montaner D., Barillon R., Del Nero M., Galindo C., Georg S. 2010. Characterization of inhomogeneous colloidal layers using adapted coherence probe microscopy, *Applied Surface Science*, 256(21), 6144-6152.

Imfeld G., Aragon Aragonés C.E., Fetzer I, Mészáros E, Zeiger S., Nijenhuis I., Nikolausz M., Delerce S, Richnow H.H. Characterization of microbial communities in the aqueous phases of a constructed model wetland treating 1,2-dichloroethenes contaminated ground water. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 2010, 72, 74-88. doi: 10.1111/j.1574-6941.2009.00825

Jouniaux L., Maineult A., Naudet V., Pessel M., Sailhac P., «Reply to the comment by A. Revil on "Review of Self-potential methods in Hydrogeophysics" by L. Jouniaux et al. [C. R. Geoscience 341 (2009) 928-936]», *Comptes Rendus Géoscience*, 342 810-813 (2010)

Kali E., Leloup P.H., Arnaud N., Maheo G., Liu D., Boutonnet E., Van Der Woerd J., Liu X., Jing Liu-Zeng, Li H., «Exhumation history of the deepest central Himalayan rocks, Ama Drime range: Key pressure-temperature-deformation-time constraints on orogenic models», *Tectonics*, 29 TC2014 (2010)

Lemarchand E., Chabaux F., Vigier N., Millot R., Pierret M.C., 2010. Lithium isotopic behaviour in a forested granitic catchment (Strengbach, Vosges Mountains, France). *Geochemica et Cosmochimica Acta*. 74. 4612-4628.

C. Le Milbeau, P. Schaeffer, J. Connan, P. Albrecht, P. Adam (2010) Aromatized C-2 oxygenated triterpenoids as indicators for a new transformation pathway in the environment. *Organic Letters* 12, 1504-1507.

Lucas Y., Schmitt A.D., Chabaux F., Clement A., Fritz B., Elsass P., Durand S. Geochemical tracing and hydrogeochemical modelling of water-rock interactions during salinization of alluvial groundwater (Upper Rhine Valley, France). *Appl. Geochem.*, 2010, 25, 11, 1644-1663.

Ma L., Chabaux F., Pelt E., Blaes E., Jin L., Brantley S. Regolith production rates calculated with uranium-series isotopes at Susquehanna/Shale Hills Critical Zone Observatory. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2010, 297, 1-2, 211-225.

Maurin T., Masson F., Rangin C., Than Min U., Collard P., «First global positioning system results in northern Myanmar: Constant and localized slip rate along the Sagaing fault», *Geology*, 38 591-594 (2010)

Mouyen M., Cattin R., Masson F., «Seismic cycle stress change in western Taiwan over the last 270 years», *Geophysical Research Letters*, 37 L03306 (2010)

Neuville A., Toussaint R., Schmittbuhl J., «Hydrothermal coupling in a self-affine rough fracture», *Physical Review E*, 82 036317 (2010)

Santucci S., Grob M., Toussaint R., Hansen A., Schmittbuhl J., Måløy K. J., «Fracture Roughness Scaling: a case study on planar cracks», *Europhysics Letters*, 92 44001 (2010)

Pierret M.C., Clauer N., Bosch D., Blanc G. Formation of Thetis Deep metal-rich sediments in the absence of brines, Red Sea. *J. Geochem. Explor.*, 2010, 104, 1-2, 12-26.

P. Schaeffer, G. Schmitt, P. Adam, M. Rohmer (2010) Abiotic formation of 32,35-anhydrobacteriohopanetetrol: A geomimetic approach. *Organic Geochemistry* 41, 1005-1008.

J.M. Trendel, P. Schaeffer, P. Adam, D. Ertlen, D. Schwartz (2010) Molecular characterisation of soil surface horizons with different vegetation in the Vosges Massif (France). *Organic Geochemistry* 41, 1036-1039.

2009

Bano M., Loeffler O., Girard J.-F., «Ground penetrating radar imaging and time-domain modelling of the infiltration of diesel fuel in a sandbox experiment», *Comptes Rendus Géosciences*, 341 p. 846-858 (2009)

Bodin S., Fiet N., Godet A., Matera V., Westermann S., Clement A., Janssen N.M.M., Stille P., Föllmi K.B. Early Cretaceous (late Berriasian to early Aptian) palaeoceanographic change along the northwestern Tethyan margin (Vocontian Trough, southeastern France): $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ and Sr-isotope belemnite and whole-rock records. *Cretac. Res.*, 2009, 30, 5, 1247-1262.

Bonnetier E., Misbah C., Renard F., Toussaint R., Gratier J. P., «Does roughening of rock-fluid-rock interfaces emerge from a stress-induced instability?», *The European Physical Journal B*, 67 121-131 (2009)

- Cenki-Tok B., Chabaux F., Lemarchand D., Stille P., Pierret M.C., Schmidt A.D., and Bagard M.L., 2009. The impact of water-rock interaction and vegetation on calcium isotope fractionation in soil-and stream waters of a small forested catchment (the Strengbach case). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Volume 73, Pages 2215-2228.
- Clauer N., Pierret M.C., Chaudhuri S. Role of Subsurface Brines in Salt Balance: The Case Study of the Caspian Sea and Kara Bogaz Bay. *Aquat. Geochem.*, 2009, 15, 1-2, 237-261. doi: 10.1007/s10498-008-9048-x.
- Del Nero M., Galindo C., Halter E., Madé B., 2009. Spectroscopic studies of uranyl sorption in $\text{PO}_4 / \text{Al}_2\text{O}_3$ systems, *Goldschmidt Conference Abstracts 2009-D, A277*, *Geochimica Cosmochimica Acta 73(13)*, Supplement 1.
- Demars B.O.L., Tremolieres M. Aquatic macrophytes as bioindicators of carbon dioxide in groundwater fed rivers. *Sci. Total Environ.*, 2009, 407, 16, 4752-4763.
- Dridi L., Pollet I., Razakarisoa O., Schäfer G., 2009. Characterisation of a DNAPL source zone in a porous aquifer using the Partitioning Interwell Tracer Test and an inverse modelling approach. *Journal of Contaminant Hydrology* 107, 22-44, doi : 10.1016/j.jconhyd.2009.03.003.
- Ebner M., Koehn D., Toussaint R., Renard F., Schmittbuhl J., «Stress sensitivity of stylolite morphology», *Earth and Planetary Science Letters*, 277 394 à 398 (2009)
- Ebner M., Koehn D., Toussaint R., Renard F., «The influence of rock heterogeneity on the scaling properties of simulated and natural stylolites», *Journal of Structural Geology*, 31 72 - 82 (2009)
- Godderis Y., Roelandt C., Schott J., Pierret M.C., François L. Towards an integrated model of weathering, climate, and biospheric processes. in "Thermodynamics and Kinetics of Water-Rock Interaction", E.H. Oelkers & J. Schott (eds). *Rev. Mineral. Geochem.*, 2009, 70, 411-434.
- Hinderer J., De Linage C., Boy J.-P., Gegout P., Masson F., Rogister Y., Amalvict M., Pfeffer J., Littel F., Luck B., Bayer R., Champollion C., Collard P., Le Moigne N., Diament M., Deroussi S., De Viron O., Biancale R., Lernoine J.-M., Bonvalot S., Gabalda G., Bock O., Genthon P., Boucher M., Favreau G., Seguis L., Delclaux F., Cappelaere B., Oi M., «The GHYRAF (Gravity and Hydrology in Africa) experiment: Description and first results», *Journal of Geodynamics*, 48 172-181 (2009)
- Jouniaux L., Mainault A., Naudet V., Pessel M., Sailhac P., «Review of self-potential methods in hydrogeophysics.», *Comptes Rendus Géoscience*, 341 928-936 (2009)
- Konz M., Ackerer P., Younes A., Huggenberger P., Zechner E. Two-dimensional stable-layered laboratory-scale experiments for testing density-coupled flow models. *Water Resour. Res.*, 2009, 45, W02404.
- Konz M., Ackerer P., Huggenberger P., Veit C. Comparison of light transmission and reflection techniques to determine concentrations in flow tank experiments. *Experiments in Fluids*, 2009, 47, 1, 85-93.
- Konz M., Younes A., Ackerer P., Fahs M., Huggenberger P., Zechner E. Variable-density flow in heterogeneous porous media - Laboratory experiments and numerical simulations. *J. Contam. Hydrol.*, 2009, 108, 3-4, 168-175.
- Lemarchand D. Climate change: Early survival of Antarctic ice. *Nature*, 461, 21 October 2009, 1065-1066. doi: 10.1038/4611065a News and Views
- Longuevergne L., Boy J.P., Florsch N., Viville D., Ferhat G., Ulrich P., Luck B., Hinderer J. Local and global hydrological contributions to gravity variations observed in Strasbourg. Conference Information: 16th International Symposium on Earth Tides, SEP 01-05, 2008 Jena. *J. Geodyn.*, 2009, 48, 3-5, Sp. Issue SI, 189-194.
- Luais B., Le Carlier De Veslud C., Géraud Y., Gauthier-Lafaye F. Comparative behavior of Sr, Nd and Hf isotopic systems during fluid-related deformation at middle crust levels. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2009, 73, 10, 2961-2977. doi: 10.1016/j.gca.2008.12.026
- Mouyen M., Masson F., Hwang C., Cheng C.-C., Cattin R., Lee C.W., Le Moigne N., Hinderer J., Malavieille J., Bayer R., Luck B., «Expected temporal absolute gravity change across the Taiwanese Orogen, a modeling approach», *Journal of Geodynamics*, 48 284-291 (2009)
- Rambaud M., Combroux I., Haury J., Moret J., Machon N., Zavodna M., Pavoine S. Relationships between channelization structures, environmental characteristics, and plant communities in four French streams in the Seine-Normandy catchment. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 2009, 28, 3, 596-610.

Rambaud M., Pavoine S., Machon N., Moret, J., Combroux I. Does channelization alter spatial and temporal dynamics of macrophyte communities and their physical habitat? *Fundam. Appl. Limnol.*, 2009, 174, 2, 159-172.

Sailhac P., Bano M., Behaegel M., Girard J.-F., Para E. F., Ledo J., Marquis G., Matthey P.-D., Ortega-Ramirez J., «Characterizing the vadose zone and a perched aquifer near the Vosges ridge at the La Soutte experimental site, Obernai, France», *Comptes Rendus Géosciences*, 341 p. 818-830 (2009)

Schmitt A.D., Gangloff S., Cobert F., Lemarchand D., Stille P., Chabaux F. High performance automated ion chromatography separation for Ca isotope measurements in geological and biological samples. *J. Anal. At. Spectrom.*, 2009, 24, 8, 1089-1097.

Schmitt L., Lafont M., Tremolieres M., Jezequel C., Vivier A., Breil P., Namour P., Valin K., Valette L. Using hydro-geomorphological typologies in functional ecology: Preliminary results in contrasted hydrosystems. *Phys. Chem. Earth*.

Stille P., Pierret M.C., Steinmann M., Chabaux F., Boutin R., Aubert D., Pourcelot L., Morvan G. Impact of atmospheric deposition, biogeochemical cycling and water-mineral interaction on REE fractionation in acidic surface soils and soil water (the Strengbach case). *Chem. Geol.*, 2009, 264, 1-4, 173-186.

Tremolieres M., Noel V., Herault B. Phosphorus and nitrogen allocation in *Ailium ursinum* on a fluvial floodplain (Eastern France). Is there an effect of flooding history? *Plant Soil*, 2009, 234, 1-2, 279-289.

2008

Aouad G., Crovisier J.L., Damidot D., Stille P., Hutchens E., Mutterer J., Meyer J.M., Geoffroy V.A. Interactions between Municipal Solid Waste Incinerator bottom ash and *Pseudomonas aeruginosa*. *Sci. Total Environ.*, 2008, 393, 2-3, 385-393.

Bacon A.M., Demeter F., Düringer P., [...], Chabaux F., Rihs S. The Late Pleistocene Duoi U'Oi cave in northern Vietnam: palaeontology, sedimentology, taphonomy and palaeoenvironments. *Quat. Sci. Rev.*, 2008, 27, 15-16, 1627-1654.

Bordes C., Jouniaux L., Garambois S., Dietrich M., Pozzi J.-P., Gaffet S., «Evidence of the theoretically predicted seismo-magnetic conversion», *Geophysical Journal International*, 174 489-504 (2008) .

Chabaux, F., Bourdon, B., Riotte, J., 2007. U-series Geochemistry in weathering profiles, river waters and lakes (In : S. Krishnaswami and J.K. Cochran (Eds.), *U/Th Series Radionuclides in Aquatic Systems*, Elsevier), *Radioactivity in the Environment*, 13, 49-104.

Fahs M, Carayrou J, Younes A., Ackerer P. et al. On the efficiency of the Direct Substitution Approach for reactive transport problems in porous media. *Water Air Soil Pollut.*, 2008, 193, 1-4, 299-308

Föllmi K., Gertsch B., Renevey J.P., De Kaenel E., Stille P. Stratigraphy and sedimentology of Miocene phosphate-rich sediments in Malta and southeastern Sicily: paleoceanographic implications for the evolution of the eastern Mediterranean during the early to early late Miocene. *Sedimentology*, 2008, 55, 4, 1029-1051.

Gibert D., Sailhac P., «Comment on "Self-potential signals associated with preferential groundwater flow pathways in sinkholes" by A. Jardani, J. P. Dupont, and A. Revil», *Journal of Geophysical Research B: Solid Earth*, 113 B03210 (2008)

Herault B, Borner A, Tremolieres M. Redundancy and niche differentiation among the European invasive *Elodea* species. *Biol. Invasions*, 2008, 10, 7, 1099-1107.

Hidaka H., Gauthier-Lafaye F. Ba isotopic signature for early differentiation between Cs and Ba in natural fission reactors. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2008, 72, 16, 4123-4135.

Hissler C., Stille P., Krein A., Lahd Geagea M., Perrone T., Probst J.L., Hoffman L. Identifying the origins of local atmospheric deposition in the steel industry basin of Luxembourg using the chemical and isotopic composition of the lichen *Xanthoria parietina*. *Sci. Total Environ.*, 2008, 405, 1-3, p. 338-344.

Horie K., Hidaka H., Gauthier-Lafaye F. Elemental distribution in apatite, titanite and zircon during hydrothermal alteration: Durability of immobilization mineral phases for actinides. *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C*, 2008, 33, 14-16, 962-968.

Konz M., Ackerer P., Meier E., Huggenberger P., Zechner E., Gechter D.. On the measurement of solute concentrations

in 2-D flow tank experiments. *Hydrology Earth System Sciences*, 12, 3, 727-738, 2008.

Lahd Geagea M., Stille P., Gauthier-Lafaye F., Millet M. Tracing of industrial aerosol sources in an urban environment using Pb, Sr, and Nd isotopes. *Environ. Sci. Technol.*, 2008, 42, 3, 692-698.

Lahd Geagea M., Stille P., Gauthier-Lafaye F., Perrone T., Aubert D. Baseline determination of the atmospheric Pb, Sr and Nd isotopic compositions in the Rhine Valley, Vosges Mountains (France) and the Central Swiss Alps. *Appl. Geochem.*, 2008, 23, 6, 1703-1714.

Pelt E., Chabaux F., Innocent C., Navarre-Sitchler A.K., Sak P.B., Brantley S.L. Uranium–thorium chronometry of weathering rinds: Rock alteration rate and paleo-isotopic record of weathering fluids. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2008, 276, 1-2, 98-105.

Pourcelot L., Stille P. Aubert D., Solovitch-Vella N., Gauthier-Lafaye F., 2008. Comparative study of the behaviour of radiostrontium and atmospheric common strontium in soils (Vosges mountains, France), *Applied Geochemistry*, 23, p. 2880–2887

Roudil D., Bonhoure J., Pik R., Cuney M., Jegou C., Gauthier-Lafaye F. Diffusion of radiogenic helium in natural uranium oxides. *J. Nucl. Mater.*, 2008, 378, 1, 70-78.

Sanchez-Perez J.M., Lucot E., Bariac T., Tremolieres M. Water uptake by trees in a riparian hardwood forest (Rhine floodplain, France). *Hydrol. Proces.*, 2008, 22, 3, 366-375.

Steinmann M., Stille P. Controls on transport and fractionation of the rare earth elements in stream water of a mixed basalticgranitic catchment basin (Massif Central, France). *Chem. Geol.*, 2008, 254, 1-2, 1-18.

Traoré D., Beauvais A., Chabaux F., Peiffert C., Parisot J.C., Ambrosi J.P., Colin F. Chemical and physical transfers in an ultramafic rock weathering profile: Part 1. Supergene dissolution of Pt-bearing chromite. *Am. Miner.*, 2008, 93, 1, 22-30.

Zeru A., Schäfer G.. 2008. Volume based inverse model (VINMOD): innovative approach to quantify groundwater pollution in heterogeneous aquifers. *Journal of Hydroinformatics* 10, 215-226. doi:10.2166/hydro.2008.020.

2007

Alexeev S.V., Alexeeva L.P., Borisov V.N., Shouakar-Stash O., Frape S.K., Chabaux F., Kononov A. M., Isotopic composition (H, O, Cl, Sr) of ground brines of the Siberian Platform. ; *Russian Geology and Geophysics*, 2007, 48, 3, p. 225-236.

Baldy V., Tremolieres M., Andrieu M., Belliard J. Changes in phosphorus content of two aquatic macrophytes according to trophic status, flow velocity and period in running hardwaters. *Hydrobiologia*, 2007, 575, 343-351.

Bernouillil D.; Hottinger K.; Spezzaferri S.; Stille P. 2006.206. Miocene shallow-water limestones from São Nicolau (Cabo Verde): Caribbean-type benthic fauna and time constraints for volcanism. *Swiss J. Geosci.*, Published online: 13 August 2007.

Chabaux F.; Kononov A.M. 2007. Isotopic composition (H, O, Cl, Sr) of ground brines of the Siberian Platform. *Russ. Geol. Geophys.*, 48, 3, 225-236.

Delay F., Kaczmaryk A., Ackerer P. Inversion of interference hydraulic pumping tests in both homogeneous and fractal dual media. *Adv. Water Resour.*, 2007, 30, 3, 314-334.

Föllmi K., Gertsch B., Renevey J.-P., De Kaenel E. and Stille P. (2007) Stratigraphy and sedimentology of Miocene phosphate-rich sediments in Malta and southeastern Sicily: paleoceanographic implications for the evolution of the eastern Mediterranean during the early to early late Miocene. *Sedimentology*,

Granet M., Chabaux F., Stille P., France-Lanord C., Pelt E. Time-scales of sedimentary transfer and weathering processes from U-series nuclides: Clues from the Himalayan rivers. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2007, 261, 3-4, 389-406. doi: 10.1016/j.epsl.2007.07.012

Hidaka H., Horie K., Gauthier-Lafaye F. Transport and selective uptake of radium into natural clay minerals. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2007, 264, 1-2, 167-176. doi: 10.1016/j.epsl.2007.09.027

Karpoff A.M., Destigneville C., Stille P. Clinoptilolite as a new proxy of enhanced biogenic silica productivity in lower Miocene carbonate sediments of the Bahamas platform: Isotopic and thermodynamic evidence. *Chem. Geol.*, 2007,

245, 3-4, 285-304. doi: 10.1016/j.chemgeo.2007.08.011

Kikuchi M., Hidaka H., Horie K., Gauthier-Lafaye F. Redistribution of REE, Pb and U by supergene weathering studied from in-situ isotopic analyses of the Bangombé natural reactor, Gabon. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2007, 47, 19, 4716-4726. doi: 10.1016/j.gca.2007.07.016

Koehn D., Renard F., Toussaint R., Passchier C., «Growth of stylolite teeth patterns depends on normal stress and finite compaction», *Earth and Planetary Science Letters*, 257 582-595 (2007)

Lahd Geagea M.; Stille P.; Millet M.; Perrone T. REE characteristics and Pb, Sr and Nd isotopic compositions of steel plant emissions. *Sci. Total Environ.*, 2007, 373, 1, 404-419.

Rosat S., Sailhac P., Gegout P., «A wavelet-based detection and characterization of damped transient waves occurring in geophysical time-series: theory and application to the search for the translational oscillations of the inner core», *Geophysical Journal International*, 171 55-70 (2007)

Schäfer G., Zeru A., 2007. Reply to the comment of Marti Bayer-Raich, Jerker Jarsjö and Georg Teutsch on "Analysis of groundwater contamination using concentration-time series recorded during an integral pumping test: Bias introduced by strong concentration gradients within the plume (Zeru and Schäfer, 2005)", *Journal of Contaminant Hydrology* 90, 252–257.

Solovitch-Vella N., Pourcelot L., Chen V.T., Froidevaux P. Gauthier-Lafaye F., Stille P., Aubert D. and Steinmann M., 2007. Comparative migration behaviour of ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ and ^{241}Am in mineral and organic soils of France - *Applied Geochemistry*, 22, p. 2526-2535.

Tremolieres M., Combroux I., Herrmann A., Nobelis P. Conservation status assessment of aquatic habitats within the Rhine floodplain using an index based on macrophytes. *Ann. Limnol.-Int. J. Limnol.*, 2007, 43, 233-244

2006

Aubert A., Le Roux G., Krachler M., Cheburkin A., Kober B., Shotyk W. and Stille P. (2006) Origin and fluxes of atmospheric REE entering an ombrotrophic peat bog in Black Forest (SW Germany): Evidence from snow, lichens and mosses. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 70, 2815-2826.

Bohy M., Dridi L., Schäfer G., Razakarisoa O., 2006 Transport of a mixture of chlorinated solvent vapors in the vadose zone of a sandy aquifer. *Vadose Zone Journal* 5, 539-553.

Bordes C., Jouniaux L., Dietrich M., Pozzi J.-P., Garambois S., «First laboratory measurements of seismo-magnetic conversions in fluid-filled Fontainebleau sand», *Geophysical Research Letters*, 33 L01302 (2006)

Chabaux F., M. Granet, E. Pelt, C. France-Lanord, V. Galy (2006) ^{238}U - ^{234}U - ^{230}Th disequilibria and timescale of sedimentary transfers in rivers: clues from the Gangetic plain rivers, *Journal of Geochemical Exploration*, 88, 373-375.

Condomines M., Rihs S. (2006) First ^{226}Ra - ^{210}Pb dating of a young speleothem. *Earth Planet.Sci.* 250, 4-10.

Dequincey O., Chabaux F., Leprun J.-C., H. Paquet, Clauer N., Ph. Larqué (2006) Lanthanide and trace elements mobilisation along a toposequence : clues from Kaya laterite (Burkina Faso) *European Journal of Soil Sciences*, 157.

Dridi L., Schäfer G., 2006. Quantification du flux de vapeurs de solvants chlorés depuis une source en aquifère poreux vers l'atmosphère : Biais relatifs à la non uniformité de la teneur en eau et à la non stationnarité du transfert. *C. R. Mécanique* 334, 611–620.

Godderis Y., Francois L.-M., Probst A., Schott J., Moncoulon D., Labat D., Viville D., 2006. Modelling weathering processes at the catchment scale: The WITCH numerical model. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70, 1128–1147.

Guichet X., Jouniaux L., Catel N., «Modification of streaming potential by precipitation of calcite in a sand-water system: laboratory measurements pH range from 4 to 12», *Geophysical Journal International*, 166 445-460 (2006)

Johnsen , Toussaint R., Måløy K. J., Flekkøy E. G., «Pattern formation during air injection into granular materials confined in a circular Hele-Shaw cell», *Physical Review E: Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 74 011301 (2006)

Jouniaux L., Zamora M., Reuschlé T., «Electrical conductivity evolution of non-saturated carbonate rocks during deformation up to failure», *Geophysical Journal International*, 167 1017-1026 (2006)

Lemarchand, D., and Gaillardet (2006) Transient features of the erosion of shales in the Mackenzie River Basin (Canada), evidences from boron isotopes. *Earth and Planetary Science Letters*. 245, 174-189.

Mäder U., Fierz Th., Frieg B., Eikenberg J., Rüthi M., Albinsson Y., Möri A., Ekberg St. and Stille P. (2006) Interaction of hyperalkaline fluid with fractured rock: Field and laboratory experiments of the HPF project (Grimsel Test Site, Switzerland). *J. of Geoch. Expl.*, 90, 68-94.

Maineult A., Jouniaux L., Bernabé Y., «Influence of the mineralogical composition on the self-potential response to advection of KCl concentration fronts through sand», *Geophysical Research Letters*, 33 L24311 (2006)

Montes-Hernandez G., Rihs S. (2006) A simplified method to estimate kinetic and thermodynamic parameters on the solid-liquid separation of pollutants. *J. Colloid Interf. Sci.* 299, 49-55.

Mossman D., Gauthier-Lafaye F., Dutkiewicz A. and Brüning R. 2006 Carbonaceous substances in Oklo reactors-analogue for permanent deep geologic storage of anthropogenic nuclear waste. *Review in Engineering Geology*. Soumis Mars 2006.

Pierret M.C., Bosch D., Clauer N. and Blanc G. Formation of metal-rich sediments in the Thetis Deep (Red Sea) in the absence of brines : Implications for the genetic model. In correction in *Marine Geology*.

Pollet I., Dridi L., Schäfer G., Razakarisoa O., 2006.. *Caractérisation de zones sources de solvants chlorés en aquifères poreux à partir d'une approche mathématique d'inversion de profils de concentrations mesurés dans un panache*. *C.R. Mecanique* 334, 143-150.

Stille P., Steinmann M., Pierret M.C., Gauthier-Lafaye F., Aubert D., Probst A; Viville D., Chabaux F. 2006a. The impact of vegetation on fractionation of rare earth elements (REE) during water-rock interaction. *Journal of Geochemical exploration*. 88, 341-344.

Stille P., Steinmann M., Pierret M.C., Gauthier-Lafaye F., Chabaux F., Viville D., Pourcelot L., Matera V., Aouad G., Aubert D., 2006b. The impact of vegetation on REE fractionation in stream waters of a small forested catchment (the Strengbach case). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70, 3217-3230.

Toussaint R., Hansen A., «Mean-field theory of localization in a fuse model», *Physical Review E: Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 73 046103 (2006)

Traore D., A. Beauvais, T. Augé, F. Chabaux, J.-C. Parisot, M. Cathelineau, C. Peiffert, F. Colin (2006) Platinum and palladium mobility in supergene environment : The residual origin of the Pirogues River Mineralization, New Caledonia *Journal of Geochemical Exploration*, 88, 350-354.

Viville D., Ladouche B. and Bariac T. 2006. Isotope hydrological study of mean transit time in the granitic Strengbach catchment (Vosges massif, France) : application of the flowPC model with modified input function. *Hydrological Processes*, 20, 1737-1751.

Xu X., Yu G., Klinger Y., Tapponnier P., Van Der Woerd J., «Reevaluation of surface rupture parameters and faulting segmentation of the 2001 Kunlunshan earthquake (Mw7.8), northern Tibetan Plateau, China», *Journal of Geophysical Research B: Solid Earth*, 111 B05316 (2006)

2005

Ballan E., Allard Th., Fritsch, Sélo M., Falguères Ch., Chabaux F., Pierret M.-C., Calas G.(2005) Formation and evolution of lateritic profiles in the middle Amazon basin: Insights from radiation-induced defects in kaolinite *Geochimica Cosmochimica Acta*, 69, 2193-2204

Brunet F., Gaiero D., Probst J.L., Depetris P.J., Gauthier Lafaye F., Stille P. 2005 Delta13C tracing of Dissolved Inorganic Carbon Sources in Patagonian rivers (Argentina). *Hydrological Processes*, vol. 19, Number 17, 3321-3344.

Chabaux F., J. Riotte, A.-D. Schmitt, J. Carignan, P. Herckès, M.-CV. Pierret, H. Wortham (2005) Variations of U and Sr ratios in Alsace and Luxembourg rain waters: origin and hydrogeochemical implications, *Comptes Rendus Geosciences* 337, 1447-1456.

Chauvel C., Dia A.N., Bulourde M., Chabaux F., Durand S., Ildefonse P., Gérard M., Déruelle B., Ngounouno I. (2005) Do decades of tropical rainfall affect the chemical compositions of basaltic lava flows in Mount Cameroon? *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 141, 195-223.

Durand S., Chabaux F., Rihs S; Düringer P. et Elsass P. (2005) U isotope ratios as tracers of groundwater inputs into

surface waters: example of the Upper Rhine hydrosystem. *Chem. Geol.* 220, 1-19.

Föllmi K.B., CH. Badertscher, Kaenel E., Stille P., John C., Adatte T. and Steinmann Ph. (2005) Phosphogenesis and organic-carbon preservation in the Monterey Formation (Miocene) at Naples Beach, California- the Monterey hypothesis revisited. *G.S.A. Bulletin*, 117, 589-619.

Hidaka H., Janeczek J., Skomurski F.N., Ewing R. and Gauthier-Lafaye F. 2005. Geochemical fixation of rare earth elements into secondary minerals in sandstones beneath a natural fission reactor at Bangombé, Gabon. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, Vol. 69, No. 3, pp. 685-694.

Jaeger L., Gessler A., Kastendeuch P., Kodama N., Lehner I., Najjar G., Parlow E., Paul P., Rennenberg H., Rost J., Viville D., Vogt R., Zygmuntowski M. Impacts des changements climatiques sur le comportement de la végétation dans le fossé rhénan. *Ann. Assoc. Int. Climatol.*, 2005, 2, p. 137-149.

Le Roux G., Aubert D., Stille P., Krachler M., Kober B., Cheburkin A., Bonani G., and Shotyk W. (2005) Recent atmospheric Pb deposition at a rural site in Southern Germany assessed using a peat core and snowpack, and comparison with other archives. *Atmos. Env.* , 39, 6790-6801.

Manceau A., Tommaseo C. Rihs S. Geoffroy N., Chateigner D., Schlegel M., Tisserand D., Marcus M.A., Tamura N., Chen Z. S. (2005) Natural speciation of Mn, Ni and Zn at the micrometer scale in a clayey paddy soil using X-Ray fluorescence, absorption and diffraction. *Geochim. Cosmo. Acta* 69, 4007-4034.

Mossman D. J., Gauthier-Lafaye F. and Jackson S. E. 2005. Black shales, organic matter, ore genesis and hydrocarbon generation in the Paleoproterozoic Franceville series, Gabon. *Precambrian Research*, 137, 253-272.

Pagani M., Lemarchand D., Spivack A. and Gaillardet J., (2005), A critical evaluation of the boron isotope-pH proxy, *Geochim. Cosmochim. Acta.* 69(4), 953-961.

Rabung Th, Pierret M.C., Bauer A., Geckeis H., Bradbury M.H., Baeyens B. 2005. Sorption of Eu(III)/Cm(III) on Ca-Montmorillonite and Na-illite Part 1: Batch sorption and TRLFS experiments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69, 5393-5402.

Schmitt A.-D. and Stille P. (2005) The source of calcium in wet atmospheric deposits: Ca-Sr isotope evidence. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 69, 3463-3468.

Zeru A., Schäfer G.. 2005. Analysis of groundwater contamination using concentration-time series recorded during an integral pumping test: bias introduced by strong concentration gradients within the plume. *Journal of Contaminant Hydrology* 81, 106-124.

2004

Ananieva I. A., Minarik M., Boutin R., Shpigun O. A. & Janca J. (2004) ; Characterization of Chromatographic Silica Beads by Micro-Thermal Field-Flow Fractionation, *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* , Volume 27 , Issue 15, p. 2313 2327

Aubert D., Probst A. and Stille P. (2004) Distribution and origin of major and trace elements (particular REE, U and Th) into labile and residual phases in an acid soil profile (Vosges mountains, France) *Applied Geochemistry*, 19, 899-916.

Bellanger B., S. Huon, P. Steinmann, F. Chabaux, F. Velasquez, V. Vallès, K. Arn, R. Nisbet-Hosein, N. Clauer et A. Mariotti (2004) Oxidic - anoxic conditions in the water column of a tropical freshwater reservoir (Pena-Larga dam, NW Venezuela) *Applied Geochemistry*, 19, 1295-1314

Bernoulli D., Gasperini L., Bonatti E. and Stille P. (2004) Dolomitization in pelagic limestone and diatomite, Romanche fracture zone, Equatorial Atlantic. *J. Sed. Res.* 74, 924-932.

Bohy M., Schäfer G., Razakarisoa O., 2004. Caractérisation de zones sources de DNAPL à l'aide de traceurs bisolubles : mise en évidence d'une cinétique de partage. *C.R. Géosciences* 336 (9), 799-806.

Desmares D., Grosheny D., Beaudoin B., Gardin S., Gauthier-Lafaye F. 2004. Enregistrement à haute résolution des modifications environnementales inscrites dans un cadre téphrochronologique : le bassin du Western Interior au passage Cénomanién Turonien. *Bull. Soc. géol. Fr.* t. 175, n° 6, 25-36.

Eisenhauer A., Nägler T., Stille P., Kramers J., Gussone N., Bock B., Fietzke J., Hippler D. and Schmitt AD. (2004)

Proposal for international agreement on Ca notation resulting from discussions at workshops on stable isotope measurements held in Davos (Goldschmidt 2002) and Nice (EGS-AGU-EUG 2003. *Geostandards and Geoanalytical Research* 28 (1), 149-151.

Horie K., Hidaka H. and Gauthier-Lafaye F. 2004. Isotopic evidence for trapped fissiogenic REE and nucleogenic Pu in apatite and Pb evolution at the Oklo natural reactors. *Geochem. Chimica Acta.*, 68, 115-125.

Lemarchand, D., Wasserburg, G.J., Papanastassiou D.A., (2004), Rate controlled calcium isotope fractionation in synthetic calcite, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 68 (22), 4665-4678.

Rihs S, Sturchio N.C., Orlandini K., Cheng L., Teng H., Fenter P. et Bedzyk M.J. (2004) Interaction of Uranyl with Calcite in the Presence of EDTA. *Envir. Sci. Techn.* 38; 5078-5086.

Schäfer G., Elsass Ph., Jellali S., Nayagum D., Ptak T., Rinck G., Zeru A., 2004 Application of the integral pumping test in Strasbourg, IGEA (*Ingenieria e GEologia degli Acquiferi – Groundwater Geoengineering*) 19, ISSN 1121-9041, 61-72.

2003

Aubert D; Probst A; Stille P. Distribution and origin of major and trace elements (particularly REE, U and Th) into labile and residual phases in an acid soil profile (Vosges Mountains, France) EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, 06-11/4/2003, *Geophysical Research Abstracts*, 2003, vol. 5, 10894

Chabaux F., Riotte J., Dequincey O. (2003) U-Th-Ra fractionation during weathering and river transport, *Rev Mineral. Geochem.* 52, 533-576.

Chabaux F., Dequincey O., Levesque J.-J., Leprun J.-C., Clauer N., Riotte J., Paquet H. (2003) Tracing and dating recent chemical transfers in weathering profiles by trace element geochemistry and ^{238}U - ^{234}U - ^{230}Th disequilibria : the example of the Kaya lateritic toposequence (Burkina-Faso) *CR Geoscience*, 335, 1219-1231.

Deiller A.-F., Walter Jm, Trémolières M. 2003. Regeneration strategies of woody species in temperate hardwood floodplain forests : sexual vs. vegetative reproduction and consequences for forest community sustainability. *Forest Ecology and Management*. 6182 1-11.

Gonfiantini R. et al. (dont Lemarchand D.) Intercomparison of Boron Isotope and Concentration Measurements. Part II: Evaluation of the results obtained. (2003) *Geost. Newsletter*

Hippler D., Schmitt A.-D., Gussone N., Heuser A., Stille P., Eisenhauer A. and Nögler Th. (2003) Comparison of Ca isotope standards and seawater and a convenient way to relate Ca isotopic data sets. *Geostand. Newslett.* 27/1, 13-19.

Jellali S., Benremita H., Muntzer P., Razakarisoa O., Schäfer G., 2003 A large-scale experiment on mass transfer of trichlorethylene from the unsaturated zone of a sandy aquifer to its interfaces. *Journal of Contaminant Hydrology* 60 (1-2), 31-53

Peiffert C., Cathelineau M., Traoré D., Chabaux F., Clauer N., Larqué P., Granet M., Beauvais A., Colin F. Ni-Co transport and speciation in river waters : the effect of erosion on lateritic alteration products developed on ultrabasic formations and related metal concentrations (case study of the Rivière des Pirogues, New Caledonia). Congrès ERMINE "Préservation et restauration écologique en milieu tropical minier, Nouméa, 15-20/7/2003, 5p.

Perret D., Crovisier J.-L., Stille P., Shields G., Mäder U., Advocat T., Schenk K. and Chardonnens M. (2003) - Thermodynamic stability of waste glasses compared to leaching behaviour. *Applied Geochem.* 18, 1165-1184.

Pourcelot L., Louvat D., Gauthier-Lafaye F. and Stille P. (2003) Mechanism of formation of enriched areas soils activity in mountain soils. *J. of Environmental Radioactivity* 68, 215-233.

Riotte J., F. Chabaux, M. Benedetti, A. Dia, J. Boulègue, M. Gérard, J. Etamé (2003) ^{234}U - ^{238}U fractionations in surface waters: the Mount Cameroun case, *Chem. Geol.*, 202, 365-381

Sanchez-Perez J. & Trémolières M. 2003. Change in groundwater chemistry as a consequence of suppression of floods : the case of the Rhine floodplain. *J Hydrology*, 89-104.

Schmitt A.-D., Chabaux F. and Stille P. (2003) The calcium riverine and hydrothermal isotopic fluxes and the oceanic calcium mass balance. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 213, 503-518.

Schmitt A.-D., Stille P., Vennemann T. (2003). Variations of the $^{40}\text{Ca}/^{44}\text{Ca}$ ratio in seawater during the past 24 million years: evidence from $\delta^{40}\text{Ca}$ and $\delta^{18}\text{O}$ in Miocene phosphorites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 67, 2607-2614.

Surma F., Geraud Y., Pourcelot L., Gauthier-Lafaye F. Clavaud J.-B., Zamora M., Lespinasse M. et Cathelineau M. (2003). Microstructures dun grès affecté par une faille normale : Anisotropie de connectivité et de perméabilité. *Bull. Soc. Geol. France*. 174, 295-303.

Viville D., Probst A., Dambrine E. (2003). Suivi à long terme de la pollution atmosphérique et de ses effets sur un écosystème de moyenne montagne : le bassin versant du Strengbach à Aubure (Haut-Rhin). Journée de la Zone Atelier du Programme Environnement, Vie et Sociétés (PEVS) du CNRS Nappe du fossé rhénan. Dynamique des systèmes écologiques sous la dépendance des activités anthropiques, 21/01/2003, Strasbourg (C)

Viville D., Probst A., Ladouche B., Idir S., Probst J.-L., Bariac T. (2003): Stormflow component determination using hydrological, isotopic and chemical approaches in the small forested Strengbach catchment (granitic Vosges massif, France). In Technical Documents in Hydrology, UNESCO, Holko and Miklanek (Eds); Proceedings of "Interdisciplinary approaches in small catchment hydrology: monitoring and research", UNESCO, Paris, 13-18.

Wagner C., A. Mokhtari, E. Deloule, F. Chabaux (2003) Carbonatite and alkaline magmatism in Taourirt (Morocco): petrological, geochemical and Sr-Nd isotopes characteristics *Journ. of Petrology*, 44, 937-965.

Axe 2

Laboratoire Image Ville Environnement/ équipe
Energie, Pollution de l'Air et Climat

Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur, de
l'informatique et de l'Imagerie /équipe Mécanique des
Fluides

Laboratoire de Physico-Chimie de l'Atmosphère
/ Institut de Chimie et Procédés pour l'Énergie,
l'Environnement et la Santé

2014

J. Gasperi, C. Sebastian, V. Ruban, S. Percot, L. Wiest, C. Mirande, E. Caupos, D. Demare, M. Diallo Kessoo, M. Saad, J.-J. Schwartz, P. Dubois, C. Fratta, H. Wolff, R. Moilleron, G. Chebbo, C. Cren, M. Millet, S. Barraud, M.C. Gromaire. Micropollutant contamination of urban stormwater: new insights based on an extended French dataset. *Environmental Science and Pollution Research*, (2014), sous presse.

M. Lefrancq, S. Payraudeau, A. Joaquín García Verdú, E. Maillard, M. Millet & G. Imfeld. Transport of cyazofamid and kresoxim methyl in runoff at the plot and catchment scales. *Environmental Science and Pollution Research*, (2014), sous presse.

C. Liaud, N. Nguyen, S. Le Calvé, Experimental study of a transportable GC-PID and two thermo-desorption based methods coupled to FID and MS detection to assess BTEX exposure at sub-ppb level in air, *Analytical Chemistry*, sous presse.

C. Liaud, M. Millet, S. Le Calvé, Development of an analytical method to quantify traces of Particle-bound PAHs in air, *Chemosphere*, soumis.

C. Liaud, M. Millet, T. Dintzer, G. Trouvé, V. Tschamber, S. Le Calvé, Development of a 3-stage Cascade Impactor sampling method to measure Particle-bound PAHs in Indoor Air : quantification of adsorbed PAHs and particles morphology as a function of their size, *Indoor Air*, soumis.

C. Raeppl, M. Fabritius, M. Nief, B.M.R Appenzeller, M Millet. Coupling ASE, silylation and SPME-GC/MS for the analysis of current-used pesticides in atmosphere. *Talanta*, (2014), 121, 24-29.

Cl. Schummer, B. M. Appenzeller, M. Millet. Monitoring of spatial and temporal variations of Polycyclic aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the atmosphere of southern Luxembourg using XAD-2 resin based passive samplers. *Environmental Science and Pollution Research*, (2014), 21, 2098-2107.

2013

A. Allouch, S. Le Calvé, Ch. A. Serra, Portable, Portable, miniature, fast and high sensitive real-time analyzers: BTEX detection, *Sensors and Actuators B Chemical*, 82, 446-452, 2013

A. Allouch, M. Guglielmino, P. Bernhardt, Ch. A. Serra, S. Le Calvé, Portable, miniature, fast and high sensitive near real-time analyzers: formaldehyde detection, *Sensors and Actuators B : chemistry*, 181, 551-558, 2013.

Beegum, N., K.K. Moorthy, N. Srivastava, N. Blond, S.K. Satheesh, S.S. Babu, Mian Chin Aerosol Black Carbon over India: Observations versus Model, accepted for publication to *Journal of Geophysical Research*, 2013.

F. Gueguen, P. Stille & M. Millet. Optimisation and application of accelerated solvent extraction and flash chromatography for quantification of PCBs in tree barks and XAD-2 passive samplers using GC-ECD with dual columns. *Talanta*, (2013), 111 (15), 140-146.

F. Gueguen, M. Millet, P. Stille. Persistent organic pollutants in the atmosphere from urban and industrial environments in the Rhine Valley: PCBs, PCDD/Fs. *Environmental Science and Pollution Research*, (2013), 20, 3852-3862.

Ho Q.B. , A. Clappier, N. Blond, Fast and optimized methodology to generate road traffic emission inventories and their uncertainties, *Journal of CLEAN-Air, Water and Soil*, doi:10.1002/clean.201300261, 2013.

L. Janke, A.O.S. Lima, M. Millet, C.M. Radetski. Development and application of a methodology for a clean development mechanism to avoid methane emissions in closed landfills. *Environmental Technology* (2013), 34(8), 2607-2616.

Krishna Moorthy, K., S.N. Beegum, N. Srivastava, S. K. Satheesh, Mian Chin, N. Blond, S. Suresh Babu, S. Singh, Performance Evaluation of Chemistry Transport Models over India, *Atmospheric Environment*, 71, June 2013, 210–225, 2013.

M. Lefrancq, G. Imfeld, S. Payraudeau, M. Millet. Kresoxim methyl deposition, drift and runoff in a vineyard catchment. *Science of the Total Environment*, (2013), 442, 503-508.

M. Lefrancq, S. Payraudeau, A. Joaquín García Verdú, E. Maillard, M. Millet & G. Imfeld. Transport of cyazofamid and kresoxim methyl in runoff at the plot and catchment scales. *Environmental Science and Pollution Research*, (2013), sous presse.

S. Percot, V. Ruban, P. Rouspard, D. Maro, M. Millet. Beryllium-7 as a tracer of metals, pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban aerosol in Nantes, France. *Atmospheric Environment*, (2013), 74, 338-345.

Cl. Schummer, B. M. Appenzeller, M. Millet. Monitoring of spatial and temporal variations of Polycyclic aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the atmosphere of southern Luxembourg using XAD-2 resin based passive samplers. *Environmental Science and Pollution Research*, (2013), sous presse.

H. Toumi, M. Boumaiza, M. Millet, C.M. Radetski, V. Felten, C. Fouque, J.F. Féraud. Effects of deltamethrin (pyrethroid insecticide) on growth, reproduction, embryonic development and sex differentiation in two strains of *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera). *Science of The Total Environment*, (2013), 458, 47-53.

2012

Araud, Q., Finaud-Guyot, P., Guinot, V., Mosé, R. and Vazquez, J. (2012), An eigenvector-based linear reconstruction approach for time stepping in discontinuous Galerkin scheme used to solve shallow water equations. *Int. J. Numer. Meth. Fluids*. doi: 10.1002/flid.3645

O. Delhomme & M. Millet. Azaarenes in atmospheric particulate matter samples of three different urban sites in east of France. *Atmospheric Environment*, (2012), 47, 541-545.

O. Delhomme & M. Millet. Characterization of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons in the east of France

urban areas. *Environmental Science and Pollution Research*, (2012), 19(5), 1791-1799.

Ghostine R, Vazquez J, Terfous A, Mose R, Ghenaim A, 2012. "Comparative study of 1D and 2D flow simulations et open-channel junctions". *Journal of Hydraulic Research*, 50(2): 164–170.

P.E. Kastner, S. Le Calvé, W. Zheng, A. Casset, F. Pons. A dynamic system for single and repeated exposure of airway epithelial cells to gaseous pollutants. *Toxicology In Vitro*, doi: 10.1016/j.tiv.2012.11.011, 2012.

Mehi, L., M. Kohler, N. Blond, A. Clappier, *Interactions entre végétation et climat urbain, chapitre dans l'ouvrage « Trames Vertes Urbains : de la recherche scientifique au projet urbain », dirigé par P. Clergeau et N. Blanc, Ed Le Moniteur, 13 pages, 155-167, 2013.*

Menut L., B. Bessagnet, D. Khvorostyanov, M. Beekmann, N. Blond, A. Colette, I. Coll, G. Curci, G. Foret, A. Hodzic, S. Mailler, F. Meleux, J.-L. Monge, I. Pison, G. Siour, S. Turquety, M. Valari, R. Vautard, and M. G. Vivanco, CHIMERE 2013: a model for regional atmospheric composition modelling, *Geosci. Model Dev.*, 6, 981-1028, doi:10.5194/gmd-6-981-2013, 2013.

Quenault B., N. Blond, S. H. Sajjad, P. Pigeon, *Vulnerability and adaptation of urban areas to global changes: a systemic interdisciplinary approach to understand cities trajectories*, *Ecological Economics and Institutional Dynamics, Actes of the 10th International conference of the ESEE, Lille (France), 18-21 June 2013.*

Quenault B., N. Blond, S. H. Sajjad, P. Pigeon, *Cities Confronted with Climate Change : How to Break the Infernal Loop of their Coevolution to Avoid Future Disasters ? Actes of the First International Conference on Public Policy (ICPP) Panel " Risks and Crisis Management: A New Cause For the Policy Makers ?", Grenoble, 26-28 June 2013.*

Cl. Schummer, G. Salquère, O. Briand, M. Millet & B.M.R. Appenzeller. Determination of farm workers' exposure to pesticides by hair analysis. *Toxicology Letters*, (2012), 210(2), 203-210.

Cl. Schummer, L. Tuduri, O. Briand, B.M.R. Appenzeller & M. Millet. Application of XAD-2 resin-based Passive Samplers and SPME-GC-MS/MS Analysis for the Monitoring of Spatial and Temporal Variations of Atmospheric Pesticides in Luxembourg. *Environmental Pollution*, (2012), 170, 88-94.

L. Tuduri, M. Millet, O. Briand & M. Montury. Passive air sampling of Semi-Volatile Organic Compounds. *Trends in Analytical Chemistry*, (2012), 31, 38-49.

2011

L. Allou, L. El Maimouni, S. Le Calvé, Henry's Law Constant measurements for formaldehyde and benzaldehyde as a function of temperature and water composition, *Atmos. Environ.*, *Atmos. Environ.*, 45, 2991-2998, 2011.

Delenne C., Finaud-Guyot P., Guinot V. and Cappelaere B. 2011. Sensitivity of the 1D shallow water equations with source terms: Solution method for discontinuous flows. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, n/a. doi: 10.1002/fld.2398

F. Gueguen, M. Millet, P. Stille. Air quality assessment by tree bark biomonitoring in urban, industrial and rural environments of the Rhine Valley: PCDD/Fs, PCBs and trace metal evidence. *Chemosphere*, (2011), 85, 195-212.

Ho, Q., B., A. Clappier, 2011. Road traffic emission inventory for air quality modelling and to evaluate the abatement strategies: A case of Ho Chi Minh City, Vietnam, *Atmos. Environ.*, 45, 3584-3593.

Laurent, J., M. Casellas, H. Carrere, and C. Dagot, «Effects of thermal hydrolysis on activated sludge solubilization, surface properties and heavy metals bisorption», *Chemical Engineering Journal*, vol. 166, no. 3, pp. 841-849, 2011.

S. Morville, O., Delhomme & M. Millet. Seasonal and diurnal variations of PAH concentrations between rural, suburban and urban areas. *Atmospheric Pollution Research*, (2011), 2, 366-373.

Muñoz A, Le Person A., Le Calvé S., Mellouki A, Borrás E, Daële V, Vera T., Studies on atmospheric degradation of diazinon in the EUPHORE simulation chamber, *Chemosphere*, 85(5), 724-30, 2011.

Pallares, A., P. Francois, M. N. Pons, and P. Schmitt, «Suspended particles in wastewater: Their optical, sedimentation and acoustical characterization and modeling», *Water Science & Technology*, vol. 63, no. 2, pp. 240-247, 2011

Petitjean, A., A. Wanko, N. Forquet, F. Lawniczak, R. Mosé, and A. - G. Sadowski, «Diphasic transfer of oxygen in

vertical flow filters : a modelling approach», *Water Science & Technology*, pp. DOI XX, 2011C.

Raepfel, M. Nief, M. Fabritius, L. Racault, B.M.R. Appenzeller, M. Millet. Simultaneous analysis of pesticides from different chemical classes by using a derivatisation step and GC-MS. *Journal of Chromatography A*, (2011), 1218, 8123-8129.

Rasheed, A., D. Robinson, A. Clappier, C. Narayanan, and D. Lakehal, 2011: Representing complex urban geometries in mesoscale modeling, *Int. J. Climatol.*, 31, 289-301.

Wania A., Bruse M., Blond N., Weber C., Micro-scale simulations of vegetation influence on traffic induced particule dispersion, *Journal of Environmental Management*, 94 (1), 91-101, 2011.

Wanko, A., G. Tapia, R. Mosé, and C. Gregoire, «A new empirical law to accurately predict solute retention capacity within horizontal flow constructed wetlands», *Ecological Engineering*, vol. 37, no. 4, pp. 636-643, 2011.

2010

Belalcazar, L., C., A. Clappier, N. Blond, T. Flassak, J. Eichhorn, 2010: An evaluation of the estimation of road traffic emission factors from tracer studies, *Atmos Environ.*, 44, 3814-3822.

Chrust, M., G. Bouchet, and J. Dusek, "Parametric study of the transition in the wake of oblate spheroids and flat cylinders", *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 665, pp. 199-208, 2010.

O. Delhomme, S. Morville & M. Millet. Seasonal and diurnal variations of atmospheric concentrations of phenols and nitrophenols measured in the Strasbourg area, France. *Atmospheric Pollution Research*, (2010), 1, 16-22.

Deloze, T., Y. Hoarau, and J. Dusek, "Chimera method applied to the simulation of a freely falling cylinder in a channel", *European Journal of Computational Mechanics*, vol. 19/5-7, pp. 575-590, 2010.

Dufresne, M., B. Dewals, S. Erpicum, P. Archambeau, and M. Piroton, "Classification of flow patterns in rectangular shallow reservoirs", *Journal of Hydraulic Research*, vol. 48, no. 2, pp. 197-204, 2010.

Finaud-Guyot P., Delenne C., Lhomme J., Guinot V. and Llovel C., An approximate-state Riemann solver for the two-dimensional shallow water equations with porosity. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 62: 1299–1331, 2010.

Ghostine, R., E. Mignot, M. Abdallah, F. Lawniczak, J. Vazquez, R. Mosé, and C. Gregoire, "Discontinuous Galerkin finite-element method for simulation of flood in crossroads", *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 136, no. 8, pp. 474-482, 2010.

Ghostine, R., R. Mosé, J. Vazquez, A. Ghenaim, and C. Gregoire, "Two-Dimensional Simulation of Subcritical Flow at a Combining Junction: Luxury or Necessity?", *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 136, no. 10, pp. 799-805, 2010.

Ho, Q., B., A. Clappier, and F. Golay, 2010: Air pollution forecast for Ho Chi Minh City, Vietnam in 2015 and 2020, *Air Qual .Atmos. Health*, 4, 145-158, DOI: 010.1007/s11869-010-0087-2.

P.E. Kastner, S. Le Calvé, L. Diss, V. Sauveplane, R. Franke, L. Schreiber, F. Pinot Specific accumulation of CYP94A1 transcripts after exposure to gaseous benzaldehyde: induction of lauric acid W-hydroxylase activity in *Vicia sativa* exposed to atmospheric pollutants, *Environ. Research*, doi:10.1016/j.envres.2010.09.014, 2010.

Kesserwani, G., J. Vazquez, N. Rivière, Q. Liang, G. Travin, and R. Mosé, "New Approach for Predicting Flow Bifurcation at Right-Angled Open-Channel Junction", *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 136, no. 9, pp. 662-668, 2010.

Kesserwani, G., Q. Liang, R. Mosé, and J. Vazquez, "Well-balancing issues related to the RKDG2 scheme for the shallow water equations", *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, vol. 62, no. 4, pp. 428-448, 2010.

Krpo , A., F. Salamanca, A. Martilli and A. Clappier, 2010: On the Impact of Anthropogenic Heat Fluxes on the Urban Boundary Layer: A Two-Dimensional Numerical Study, *Boundary Layer Meteorol.*, 136, 105-127.

Laurent, J., M. Casellas, and C. Dagot, "Heavy metals biosorption on disintegrated activated sludge: Description of a new equilibrium model", *Chemical Engineering Journal*, vol. 164, no. 1, pp. 63-69, 2010.

Mandal, M. M., C. Serra, Y. Hoarau, and K. D. P. Nigam, "Numerical modeling of polystyrene synthesis in coiled flow inverter", *Microfluidics and Nanofluidics*, pp. 1-9, 2010.

E. Mothiron, Cl. Schummer, A.-L. Rizet, B.M.R. Appenzeller, R. Wennig & M. Millet Temporal variations of concentrations of currently used pesticides in the atmosphere of an urban area (Strasbourg, France). *Environmental Pollution*, (2010), 158. 576-584.

M. Petitjean, Ph. Mirabel et S. Le Calvé , Vapour pressure Measurements of hydroxyacetaldehyde and hydroxyacetone in the temperature range 273-356 K, *J. Chem. Eng. Data*, 55, 852-855, 2010.

M. Petitjean, G. Hantal, C. Chauvin, Ph. Mirabel, S. Le Calvé , P.N.M. Hoang, S. Picaud, P. Jedlovsky, Adsorption of Benzaldehyde at the Surface of Ice, Studied by Experimental Method and Computer Simulation, *Langmuir*, DOI: 10.1021/la100169h, 26, 9596-9606, 2010.

M. Petitjean, M. Darvas, S. Le Calvé , P. Jedlovsky, S. Picaud, Adsorption of Hydroxyacetone on pure ice surfaces, *Chem. Phys. Chem.*, DOI: 10.1002/cphc.201000629, 11, 3921-3927, 2010.

L. Poulain, Y. Katrib, E. Isikli, Y. Liu, H. Wortham, Ph. Mirabel, S. Le Calvé, A. Monod, In-cloud multiphase behaviour of acetone in the troposphere: gas uptake, Henry's law equilibrium and aqueous phase photooxidation, *Chemosphere*, 81, 312-320, 2010.

Sajjad, S. H., N. Blond, A. Clappier and A. Razza, 2010: The preliminary study of urbanization, fossil fuels consumptions and CO2 emission in Karachi, *Afr. J. of Biotechnol.*, 9, 1941-1948.

Salamanca, F., A. Krpo , A. Martilli and A. Clappier, 2010: A new building energy model coupled with an urban canopy parameterization for urban climate simulations-part I. formulation, verification, and sensitivity analysis of the model, *Theor. Appl. Climatol.*, 99, 331-344.

Cl. Schummer, E. Mothiron, B.M.R. Appenzeller, R. Wennig & M. Millet . Gas/Particle partitioning of currently used pesticides in the atmosphere of Strasbourg (France). *Air Quality, Atmosphere and Health*, (2010), 3, 171-181.

Wanko, A., J. B. Zhang, R. Mosé, C. Gregoire, and A. - G. Sadowski, "Hydraulic parameters and statistical residence time distribution moments correlations - a lysimeter study for pesticides mitigation", *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, vol. 90, no. 3-6, pp. 299-310, 2010.

2009

Abda, F., A. Azbaid, D. Ensminger, S. Fischer, P. Francois, P. Schmitt, and A. Pallares, "Ultrasonic device for real-time sewage velocity and suspended particles concentration measurements", *Water Science and Technology*, vol. 60, pp. 117-125, 2009.

Belalcazar, L., C., O. Fuhrer, M. D. Ho, E. Zarate and A. Clappier, 2009: Estimation of road traffic emission factors from a long term tracer study, *Atmos Environ.*, 43, 5830-5837.

Brevdo, L., "Three-dimensional absolute and convective instabilities at the onset of convection in a porous medium with inclined temperature gradient and vertical throughflow.", *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 641, pp. 475-487, 2009.

Brevdo, L., and M. S. Ruderman, "On the convection in a porous medium with inclined temperature gradient and vertical throughflow part1. Normal modes", *Transport in Porous Media*, pp. 10.1007/s11242-009-9348-7, 2009.

Brevdo, L., and M. S. Ruderman, "On the convection in a porous medium with inclined temperature gradient and vertical throughflow Part 2 Absolute and convective instabilities and spatially amplifying waves", *Transport in Porous Media*, vol. 80, pp. 153-172, 2009.

Dufresne M, Vazquez J, Terfous A, Ghenaim A, Poulet J-B. « CFD modeling of solids separation in three combined sewer overflow chambers. *Journal of Environmental Engineering* 135 (9), pp. 776-787, 2009.

Dufresne M, Vazquez J, Terfous A, Ghenaim A, Poulet J-B (2008). "Experimental investigation and CFD modelling of flow, sedimentation, and solids separation in a combined sewer detention tank. *Computers & Fluids* 38 (5), pp. 1042-1049, 2009.

Ebagninin K. W., Benchabane A., Bekkour K."Rheological characterization of Poly(ethylene) oxide solutions of different molecular weights". *Journal of Colloid and Interface Science* 336, 360-367 (2009).

Forquet, N., A. Wanko, P. Molle, R. Mosé, and A. G. Sadowski, "Two phase flow modelling for oxygen renewal estimation in vertical flow filter : luxury or necessity ?", *Water Science and Technology*, vol. 59, no. 12, pp. 2311-2319, 2009.

Forquet, N., A. Wanko, R. Mosé, and A. G. Sadowki, "Diphasic modelling of vertical flow filter", *Ecological Engineering*, vol. 35, no. 1, pp. 47-56, 2009.

Ghostine, R., G. Kesserwani, J. Vazquez, N. Rivière, A. Ghenaim, and R. Mosé, "Simulation of supercritical flow in crossroads: Confrontation of a 2D and 3D numerical approaches to experimental results", *Computers and Fluids*, vol. 38, no. 2, pp. 425-432, 2009.

Ghostine, R., G. Kesserwani, R. Mosé, J. Vasquez, and A. Ghenaim, «An improvement of classical slope limiters for high-order discontinuous Galerkin method», *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, vol. 59, no. 4, pp. 423-442, 2009.

Ghostine, R., G. Kesserwani, R. Mosé, J. Vazquez, A. Ghenaim, and C. Gregoire, «A confrontation of 1D and 2D RKDG numerical simulation of transitional flow at open-channel junction», *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, vol. 61, no. 7, pp. 752-767, 2009.

Gregoire, C., D. Elsaesser, D. Huguenot, J. Lange, T. Lebeau, A. Merli, R. Mosé, E. Passeport, S. Payraudeau, T. Schütz, et al., «Mitigation of agricultural nonpoint-source pesticide pollution in artificial wetland ecosystems», *Environmental Chemistry Letters*, vol. 7, no. 3, pp. 205-231, 2009.

Kesserwani G, Vazquez J, Mosé R, Ghenaim A. "A practical implementation of high-order RKDG model for the shallow water equations with source terms". *International Journal for Numerical Methods in Fluids* 59 (12), pp. 1389-1409, 2009.

Kotouc, M., G. Bouchet, and J. Dusek, «Drag and flow reversal in mixed convection past a heated sphere», *Physics of Fluids*, vol. 21, no. 5, pp. 054104, 2009.

Kotouc, M., G. Bouchet, and J. Dusek, «Transition to turbulence in the wake of a fixed sphere in mixed convection», *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 625, pp. 205-248, 2009.

M. Petitjean, Ph. Mirabel et S. Le Calvé, Uptake measurements of acetaldehyde on solid ice surfaces and on solid/liquid supercooled mixtures doped with HNO₃ in the temperature range 203-253K, *J. Phys. Chem. A*, 113, 5091-5098, 2009.

Cl. Schummer, B.M.R. Appenzeller, M. Millet & R. Wennig. Determination of hydroxylated polycyclic aromatic hydrocarbons (OH-PAH) in hair by gas chromatography-mass spectrometry in negative chemical ionization mode. *Journal of Chromatography A*, (2009), 1216, 6012–6019.

Cl. Schummer, Ch. Groff, J. Al Chami, F. Jaber & M. Millet. Analysis of phenols and nitrophenols in rainwater collected simultaneously on an urban and rural site in east of France. *Science of the Total Environment*, (2009), 407,5637-5643.

Cl. Schummer, O. Delhomme, B. M Appenzeller, R. Wennig, M. Millet . Comparison of MTBSTFA and BSTFA in derivatization reactions of polar compounds prior to GC/MS analysis. *Talanta*, (2009), 77, 1473-1482.

J. Wang, L. Tuduri, M. Mercury, M. Millet, O. Briand & M. Montury. Sampling atmospheric pesticides with SPME: Laboratory developments and field study. *Environmental Pollution*, (2009), 157, 365-370.

J. Wang, L. Tuduri, M. Mercury, M. Millet, O. Briand & M. Montury. Flexibility of solid phase microextraction for passive sampling of atmospheric pesticides. *Journal of Chromatography A*, (2009), 1216, 3031–3037.

Wanko, A., G. Tapia-Padillia, R. Mosé, and C. Gregoire, «Adsorption distribution impact on preferential transport within horizontal flow constructed wetland (HFCW)», *Ecological Modelling*, pp. 10.1016/j.ecolmodel.2009.08.015, 2009.

Wanko, A., G. Tapia-Padillia, R. Mosé, and C. Gregoire, «Transport modelling by mixed hybrid finite element method. A flux limiter development», *Remote Sensing of Environment / Remote Sensing of the Environment*, vol. 22, no. 4, pp. 507-522, 2009.

Wanko, A., J. Zhang, R. Mosé, and C. Gregoire, «Hydraulic parameters and statistical RTD moments correlations - a lysimeter study for pesticides mitigation», *International Journal of Environmental & Analytical Chemistry*, pp. GEAC-2008-05-09.r2, 2009.

2008

L. Allou, C. Marchand, S. Le Calvé, Ph. Mirabel, Aldehydes and BTEX measurements and exposures in university

libraries in Strasbourg (France), *Indoor Build Environment*, 17, 138-145, 2008.

O. Delhomme, M. Millet & P. Hercke S. Determination of oxygenated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in atmospheric aerosol samples by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Talanta* (2008), 74, 703-710.

O. Delhomme & M. Millet. Comparison of two analytical methods for the determination of azaarenes in atmospheric particulate matter. *Polycyclic Aromatic Compounds*, (2008), 28, 518-532.

O. Delhomme, E. Rieb & M. Millet. Polycyclic aromatic hydrocarbons analysed in rainwater collected on two sites in east of France (Strasbourg and Erstein). *Polycyclic Aromatic Compounds*, (2008), 28, 472-485.

Dufresne M, Vazquez J, Terfous A, Ghenaim A, Poulet J-B. "Experimental investigation and CFD modelling of flow, sedimentation, and solids separation in a combined sewer detention tank". *Computers & Fluids* (In press, accepted manuscript), 2008.

Ghostine R, Kesserwani G, Vazquez J, Riviere N, Mose R, Ghenaim A. "Simulation of supercritical flow in crossroads: confrontation of a 2D and 3D numerical approaches to experimental results". Submitted to *Computers & Fluids*, accepted, 2008.

Kesserwani, G., R. Ghostine, J. Vazquez, A. Ghenaim, and R. Mosé, «One-dimensional simulation of supercritical flow at a confluence by means of a nonlinear junction model applied with the RKDG2 method», *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, vol. 57, no. 12, pp. 1695-1708, 2008.

Kesserwani, G., R. Ghostine, J. Vazquez, A. Ghenaim, et R. Mosé. «Application of a second-order Runge-Kutta discontinuous Galerkin scheme for the shallow water equations with source terms.» *International Journal for Numerical Methods in Fluids* 56, n° 7 (2008): 805-821.

Kesserwani, G., R. Ghostine, J. Vazquez, A. Ghenaim, et R. Mosé. «Riemann Solvers with Runge-Kutta discontinuous Galerkin schemes for the 1D shallow water equations.» *Journal of Hydraulic Engineering* 134, n° 2 (2008): 243-255.

Kesserwani, G., R. Ghostine, J. Vazquez, R. Mosé, M. Abdallah, et A. Ghenaim. «Simulation of subcritical flow at open-channel junction.» *Advances in Water Resources* 31, n° 2 (2008): 287-297.

M. Lahd Geagea, P. Stille, F. Gauthier-Lafaye & M. Millet. Tracing of industrial aerosol sources in an urban environment using Pb, Sr, and Nd isotopes. *Environmental science and Technology*, (2008), 42, 692-698.

C. Marchand, S. Le Calvé, Ph. Mirabel, N. Glasser, A. Casset, N. Schneider, F. de Blay, Indoor aldehydes concentrations and determinants in 162 homes in Strasbourg (France), *Atmos. Environ.*, 42, 505-516, 2008.

E. Reyes-Pérez, S. Le Calvé, Ph. Mirabel, UV absorption spectrum and Henry's law constant of EPTC, *Atmos. Environ.*, 42, 7940-7946, 2008.

A. Scheyer, S. Morville, Ph. Mirabel & M. Millet. Gas/Particle partitioning of lindane and current-used pesticides and their relationship with temperature in urban and rural air in Alsace region (East of France). *Atmospheric Environment* (2008), 42, 7695-7705

Wanko A., Tapia G., Mose R., Gregoire C., Sadowski A-G., "Modélisation du transport des pesticides par la méthode d'éléments finis mixtes hybrides", *Journal of water science*, 2008.

2007

O. Delhomme, E. Rieb & M. Millet. Solid-Phase Extraction and LC with Fluorescence Detection for the Analysis of PAHs in Rainwater. *Chromatographia*, (2007), 65, 163-171.

O. Delhomme, P. Herckes & M. Millet. Determination of nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric aerosols using HPLC fluorescence with post-column derivatisation technique. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* (2007), 389:1953-1959

Ghostine, R., G. Kesserwani, J. Vazquez, R. Mose, et A. Ghenaim. «Simulation bidimensionnelle de l'écoulement à surface libre à travers les jonctions.» *La Houille Blanche* 5 (2007): 107-112.

F. Jaber, Cl. Schummer, J. Al Chami, Ph. Mirabel & M. Millet. Analysis of phenols and nitrophenols as their t-butylidimethylsilyl derivatives in rainwater using solid-phase microextraction and gas chromatography mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* (2007) 387, 2527-2535.

M. Kerbrat, S. Le Calvé, Ph. Mirabel, Uptake measurements of ethanol on ice surfaces and on supercooled aqueous solutions doped with nitric acid between 213 and 243 K, *J. Phys. Chem. A*, 111, 925-931, 2007.

Kesserwani, G., R. Vazquez, J. Ghostine, et R. Mosé. «Simulation unidimensionnelle de l'écoulement à surface libre avec un schéma numérique TVD en discrétisation implicite et explicite.» *La Houille Blanche* 5 (2007): 101-106.

M. Lahd Ggeagea, P. Stille, M. Millet & Th. Perrone. REE characteristics and Pb, Sr and Nd isotopic compositions of steel plant emissions. *The Science of the Total Environment*, 373 (2007) 404-419.

A. Lottmann, E. Cade, M. Lahd Geagea, C. Grand, C. Veilleraud, A.-L. Rizet, Ph. Mirabel & M. Millet. Separation of molecular tracers sorbed on atmospheric particulate matter by flash chromatography. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* (2007), 387, 1855-1861

C. Marchand, S. Le Calvé, P. Mirabel, N. Glasser, A. Casset, N. Schneider, F. de Blay, Exposure To Formaldehyde In Asthmatic And Control Dwellings In The Area Of Strasbourg (France), *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119, S267, 2007.

E. Reyes-Pérez, S. Le Calvé, Ph. Mirabel, Near-UV molar absorptivities ofalachlor, mecoprop-p, pendimethalin, propanil and trifluralin in methanol, *J. Photochem. Photobiol. A: Chemistry*, doi:10.1016/j.jphotochem.2007.07.001, 193, 237-244, 2007.

A. Scheyer, O. Briand, S. Morville, Ph. Mirabel & M. Millet. Analysis of trace levels of pesticides in rainwater by SPME and GC-tandem mass spectrometry after derivatisation with PFFBr. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, (2007), 387, 359-368.

A. Scheyer, S. Morville, Ph. Mirabel & M. Millet. Variability of atmospheric pesticide concentrations between urban and rural areas during intensive pesticide application. *Atmospheric Environment* (2007), 41, 3604-3618.

A. Scheyer, S. Morville, Ph. Mirabel & M. Millet. Pesticides analysed in rainwater in Alsace region (Eastern France). Comparison between urban and rural sites. *Atmospheric Environment* (2007), 41, 7241-7252

G. Vincent, M-Ch. Kopferschmitt-Kubler, Ph. Mirabel, G. Pauli, M. Millet. Sampling and Analysis of Quaternary Ammonium Compounds (QACs) Traces in Indoor Atmosphere. *Environmental Monitoring and Assessment*, (2007), 133, 25-30.

2006

Amadou H., Beck C., Sadowski A-G., Poulet J-B., "Experimental study and modelling of the drying kinetics of urban wastewater treatment plant sludge". *Advances in Fluid Mechanics VI, WIT Transaction on Engineering Sciences*, Vol 52, pp.133-142, 2006.

Amadou H., Beck C., Mose R., Vasile C., Sadowski A-G., Poulet J-B., "Analysis of the convective drying of residual sludge: from the experiment to the simulation". *Water Pollution VIII: Modelling, Monitoring and Management, WIT Transactions on ecology and the environment*, Vol 95, pp. 455-464, 2006.

A. Casset, C. Marchand, A. Purohit, S. Le Calvé, C. Donnay C, B. Uring-Lambert, M.P. Chenard, M.C. Kopferschmitt-Kubler, P. Meyer, G. Pauli, F. de Blay, Inhaled formaldehyde exposure: effect on bronchial response to mite allergen in sensitized asthma patients, *Allergy*, 61, 1344-1350, 2006.

A. Casset, A. Purohit, C. Marchand, S. Le Calvé, C. Donnay, B. Uring-Lambert, S. Bahram, G. Pauli, F. de Blay, Le formaldéhyde inhalé et la réponse bronchique, *Revue des Maladies Respiratoires (revue générale)*, 23, 3S25-3S34, 2006.

A. Casset, C. Marchand, A. Purohit, S. Le Calvé, C. Donnay, P. Meyer, G. Pauli, F. De Blay, Low exposure to inhaled formaldehyde: Effect on allergen bronchial response in asthmatics sensitized to mite, *J. of Allergy and Clinical Immunology*, 117, S23, 2006.

P. Diévert, L. Allou, G. Leyssens, F. Louis, S. Le Calvé, Tropospheric multiphase chemistry of 2,5- and 2,6-dimethylphenols: determination of the mass accommodation coefficients and the Henry's law constants, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 8, 1714-1723, 2006.

R. Dobson, A. Scheyer, A.-L. Rizet, Ph. Mirabel, M. Millet. Comparison of the Efficiency of Trapping of Current-Used Pesticides in the Gaseous Phase by Different Types of Adsorbents Using the Technique of High-Volume Sampling. *Analytical and bioanalytical Chemistry*, (2006), 386, 1781-1789.

V. Feigenbrugel, S. Le Calvé, Ph. Mirabel, Molar absorptivities of 2,4-D, cymoxanil, fenpropidin, isoproturon and pyrimethanil in aqueous solution in the near-UV, *Spectrochimica Acta Part A: Mol. & Biomol. Spectroscopy*, 63, 103-110, 2006.

V. Feigenbrugel, A. Le Person, S. Le Calvé, A. Mellouki, A. Muñoz, K. Wirtz, Atmospheric fate of dichlorvos: photolysis and OH-initiated oxidation, *Environ. Sci. Technol.*, 40, 850-857, 2006.

B. Hanoune, T. LeBris, L. Allou, C. Marchand, S. Le Calvé, Formaldehyde measurements in libraries: Comparison between infrared diode laser spectroscopy and a DNPH-derivatization method, *Atmos. Environ.*, 40, 5768-5775, 2006.

S. Le Calvé, C. Marchand, Ph. Mirabel, N. Glasser, A. Casset, A. Purohit, F. de Blay, Le formaldéhyde dans l'air intérieur et son rôle dans l'asthme, *Pollution Atmosphérique*, 191, 271-278, 2006.

C. Marchand, B. Bulliot, S. Le Calvé, Ph. Mirabel, Aldehyde Measurements in indoor environment in Strasbourg (France), *Atmos. Environ.*, 40, 1336-1345, 2006.

S. Morville, A. Scheyer, Ph. Mirabel & M. Millet. Spatial and geographical variations of urban, suburban and rural atmospheric concentrations of phenols and nitrophenols. *Environ. Sci. Poll. Res.* (2006), 13 (2), 83-89.

A. Scheyer, S. Morville, Ph. Mirabel & M. Millet. A multiresidue method using SPME and GC-tandem mass spectrometry for the analysis of trace levels of pesticides in rainwater. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, (2006), 384: 475-487.

Cl. Schummer, M. Sadiki, Ph. Mirabel & M. Millet. Analysis of t-Butyldimethylsilyl Derivatives of Chlorophenols in the Atmosphere of Urban and Rural Areas in East of France. *Chromatographia* (2006), 63, 189-195.

Vazquez J., G. Lipeme, M. Zug, "Modelling and instrumentation of the storm overflows of the combined sewer system of Sélestat", *Urban Water Journal*, Volume 3, Number 2, pp. 91 – 110, June 2006

Wanko A., Mose r., Carrayrou j., Sadowski A.G. «Simulation of biodegradation in infiltration seepage Model development and hydrodynamic calibration». *Water Air and Soil Pollution*, vol. 177, N. 1-4, pp. 19-43, 2006.

2005

Abdallah, M., J. Vazquez, R. Mose, et M. Zoeter. «Modélisation mathématique et simulation numérique de l'écoulement de l'eau à surface libre sur une pente à fond mobile.» *J. Phys. IV France* 124 (2005): 269-274.

Abdallah, M., J. Vazquez, R. Mose, et M. Zoeter. «Traitement des conditions aux limites intérieures et extérieures pour la simulation numérique unidimensionnelle de l'écoulement de l'eau dans les canaux à surface libre.» *J. Phys. IV France* 124 (2005): 207-212.

Buyer M., Vazquez j., Bremond b. «Sharp crested side weir hydraulic behaviour numerical modelling in the transcritical case», *Journal of Water Science*, vol.18/1, pp.25-46, 2005.

Casset, C. Marchand, S. Le Calvé, Ph. Mirabel, F. de Blay, Human Exposure Chamber to known formaldehyde levels: Generation and validation, *Indoor and Built Environment*, 14, 173-182, 2005.

Choubert J.M., Racault Y., Grasmick A., Beck C., Heduit A. « Maximum nitrification rate in activated sludge processes at low temperature: key parameters, optimal value », *E-Water [online] Official Publication of the European Water Association*, 09, 1-13, 2005.

Choubert J.M., Racault Y., Grasmick A., Beck C., Heduit A. « Nitrogen removal from urban wastewater by activated sludge process operated over the conventional carbon loading rate limit at low temperature », *Water SA*, 31(4), pp. 503-510, 2005.

E. M. Collins, H.W. Sidebottom, J.C. Wenger, S. Le Calvé, A. Mellouki, G. Le Bras, E. Villenave, K. Wirtz, The influence of reaction conditions on the photooxidation of diisopropyl ether, *Photochem. Photobiol. A: Chemistry*, 176, 86-97, 2005.

V. Feigenbrugel, C. Loew, S. Le Calvé, Ph. Mirabel, Near-UV molar absorptivities of acetone, alachlor, metolachlor, diazinon and dichlorvos in aqueous solution, *J. Photochem. Photobiol. A: Chemistry*, 174, 76-81, 2005.

E. Journet, S. Le Calvé, Ph. Mirabel, Adsorption study of acetone on acid doped-ice surfaces between 203 and 233 K, *J. Phys. Chem. B*, 109, 14112-14117, 2005.

Lipeme Kouyi g., Vazquez j., Zug m. et Poulet J.B. «Méthodologie d'utilisation de la modélisation 3D des déversoirs d'orage dans le cadre de l'autosurveillance», La Houille Blanche, n°6, 2005.

Lipeme Kouyi g., Vazquez j., Gallin y., Rollet r., Sadowski a.g. «Use of 3D modelling and several ultrasound sensors to assess overflow rate», Water Science and Technology, Vol 51, N°02, pp. 187–194, 2005.

S. Picaud , P. Hoang, N. Peybernès, S. Le Calvé, Ph. Mirabel, Adsorption of acetic acid on ice. Experiments and molecular dynamics simulations, J. Chem. Phys., 122, 194707-1, 2005.

A. Scheyer, C. Graeff, S. Morville, Ph. Mirabel & M. Millet. Analysis of some organochlorine pesticides in an urban atmosphere (Strasbourg, east of France). Chemosphere, (2005), 58, 1517-1524.

A. Scheyer, S. Morville, Ph. Mirabel & M. Millet. A multiresidue method using ion trap GC-MS/MS by direct injection or after derivatization with PFBBr for the analysis of pesticides in the atmosphere. Anal. Bioanal. Chem., (2005), 381, 1226-1233.

Vazquez j., Zug m., Buyer m., Lipeme Kouyi G. «CSOs: Tools for assessing their operation in our systems», Water Science and Technology, Vol 51, N°02, pp 179–185, 2005.

Wanko A., Mose r., Lienard a. « Capacities of infiltration-percolation processes for the treatment of a synthetic effluent», Journal of Water Science, vol.18/ 2, pp.165-175, 2005.

Wanko A., Mose R., Beck C. « Biological processing capacities and biomass growth in waste water treatment by infiltration on two kinds of sand », Water, Air and Soil Pollution, Vol 165, pp.279-299, Springer, 2005.

2004

G. Deiber, Ch. George, S. Le Calvé, F. Schweitzer, Ph. Mirabel *, Uptake study of ClONO₂ and BrONO₂ by water droplets, Atmos. Chem. Phys., 4, 1291-1299, 2004.

V. Feigenbrugel, S. Le Calvé , P. Mirabel, Henry's law constants measurements of metolachlor and diazinon between 283 and 298 K, Chemosphere, 59, 319-327, 2004.

V. Feigenbrugel, S. Le Calvé , Ph. Mirabel, F. Louis, Henry's Law Constants measurements for phenol, o-, m-, and p-cresol as a function of temperature, Atmos. Envir., 38, 5577-5588, 2004.

F. Ferrari, A. Sanusi, M. Millet & M. Montury. Multi-residue method using SPME for the determination of various pesticides with different volatility in confined atmosphere. Anal. Bioanal. Chem., (2004), 379, 476-483

S. Morville, A. Scheyer, Ph. Mirabel & M. Millet. Sampling and analysis of PAHs in urban and rural atmospheres. Spatial and geographical variations of concentrations. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, (2004), 24 (4-5), 617-634.

S. Morville, A. Scheyer, Ph. Mirabel & M. Millet. A multiresidue method for the analysis of phenols and nitrophenols in the atmosphere. Journal of Environmental Monitoring, (2004), 6, 963-966.

N. Peybernès, C. Marchand, S. Le Calvé , Ph. Mirabel, Adsorption study of acetone and biacetyl on ice surfaces between 193 and 223 K, Phys. Chem. Chem. Phys., 6, 1277-1284, 2004.

N. Peybernès, S. Le Calvé Ph. Mirabel, S. Picaud, P. Hoang, Experimental and theoretical adsorption study of ethanol on ice surfaces, J. Phys. Chem. B, 108, 17425-17432, 2004.

J. Wenger , S. Le Calvé, H. Sidebottom, K. Wirtz, M.M. Reviejo, J. Franklin, Photolysis of chloral under atmospheric conditions, Environ. Sci Technol., 38, 831-837, 2004.

Z. Xie , S. Le Calvé, V. Feigenbrugel, T. G. PreuB, R. Vinken, R. Ebinghaus, W. Ruck, Henry's Law Constants measurements of the nonylphenol isomer 4(3',5'-dimethyl-3'-heptyl)-phenol, tertiary octylphenol and γ-hexachlorocyclohexane between 278-298 K, Atmos. Envir., 38, 4859-4868, 2004.

2003

C. Gautier, S. Le Calvé, P. Mirabel, Henry's law constants measurements of alachlor and dichlorvos between 283 and 298 K, Atmos. Environ., 37, 2347-2353, 2003.

Y. Katrib, S. Le Calvé, P. Mirabel, Uptake measurements of dibasic esters by water droplets and determination of their Henry's law constants, J. Phys. Chem. A, 107, 11433-11439, 2003.

A. Sanusi, F. Ferrari, M. Millet & M. Montury . Pesticides vapours in confined atmospheres. Determination of dichlorvos by SPME/GC/MS at the $\mu\text{g m}^{-3}$ level. Journal of Environmental Monitoring, (2003), 5, 574-577.

A. Scheyer, S. Morville, J. Richert, Ph. Mirabel, M. Millet. Atmospheric trace levels of pesticides in urban area during active treatment period. Proceeding of the XII° conference of Pesticides Chemistry, (2003), Proceeding of the XII° conference of Pesticides Chemistry, A. A. M. Del Re, E. Capri, L. Padovani, M. Trevisan Eds, La Goliardica Pavese s.r.l., (2003), 811-823.

Axe 3

Institut de Chimie et Procédés pour l'Énergie,
l'Environnement et la Santé

Laboratoire de Chimie Moléculaire / équipe de
Chimie Médicinale et Bioorganique

Institut de Recherche de l'École de Biotechnologies
de Strasbourg / équipe "Transports membranaires
bactériens"

Génétique Moléculaire Génomique Microbiologie
/ équipe "Écophysiologie Moléculaire des Micro-
organismes"

Laboratoire Gestion des Risques et Environnement

Génétique Moléculaire Génomique Microbiologie
/ équipe "Adaptation et Interactions Microbiennes
dans l'Environnement"

2014

Baaziz W, Phuoc L.T., Viet C.D. , Melinte G., Janowska I., Papaefthimiou V., Ersen O., Zafeiratos S., Begin D., Begin-Colin S., Pham-Huu C. Few Layer Graphene Decorated with Homogeneous Magnetic Fe₃O₄ Nanoparticles with Tunable Covering Densities. Journal of Materials Chemistry A 2 (8) 1014) 2690 – 2700

Elsayed O, Maillard E, Vuilleumier S, Nijenhuis I, Richnow HH, Imfeld G (2014). Using compound specific isotope analysis to assess the degradation of chloroacetanilide herbicides in lab-scale wetlands. Chemosphere 99, 89-95.

C. Ferret, T. Sterckeman, J.-Y. Cornu, S. Gangloff, I. J. Schalk & V. A. Geoffroy. 2013. Siderophore promoted dissolution of smectite by fluorescent Pseudomonas. Environmental Microbiology Reports, accepté le 31/12/2013.

Truong-Phuoc, L., Truong-Huu, T., Nguyen-Dinh, L., Baaziz, W., Romero, T., Edouard, D., Begin, D., Janowska, I., Pham-Huu, C. Silicon carbide foam decorated with carbon nanofibers as catalytic stirrer in liquid-phase hydrogenation reactions. Applied Catalysis A: General 469 , (2014) pp. 81-88

D.L. Wu, V. Tschamber, L. Limousy, L. Michelin, A. Westermann, B. Azambre, I. Fechete, F. Garin, «A combined study in fixed-bed reactor and in-situ DRIFTS of NO adsorption on a NSR catalyst in the presence of water», Chemical Engineering & Technology, 2014, Accepté.

2013

Akilimali, R., Macher, N., Bonnefont, A., Bégin, D., Janowska, I., Pham-Huu, C. FLG-high aspect ratio MWNTs hybrid film prepared by hot spray technique. Materials Letters 96 (2013) pp. 57-59

Baco E., Hoegy F., Schalk I. J., Mislin G. L. A. (2014) Diphenyl-benzo[1,3]dioxole-4-carboxylic acid pentafluorophenyl ester : a convenient catechol precursor in the synthesis of siderophore vectors suitable for antibiotic Trojan horse strategies. Org Biool Chem 12(5):749-57

J.-Y. Cornu, M. Elhabiri, C. Ferret, M. Lollier¹, V. A. Geoffroy, K. Jezequel and T. Lebeau. 2013. Pyoverdine promotes selectively the phytoextraction of Cu in calcareous sediment. Environ. Sci. Technol. Chemosphere, in press, 2013.

A-F Cossaron, T. Jean Daou, L. Tzanis, H. Nouali, I. Deroche, B. Coasne, V. Tschamber, J. Patarin, Adsorption of volatile Organic Compounds in pure silica CHA, *BEA, MFI and STI-type zeolites. In Mesoporous Microporous Materials, 2013, 173, 147-154

Cretu O., Botello-Mendez A. R., Janowska I., Pham-Huu C., Charlier J. C., Banhart F. Electrical conductivity measured in atomic carbon chains. Nano Letters, 13, 3487-3493, 20

Y. El May, G. Trouvé, M. Jeguirim, R. Said, Energy recovery of date palm residues in a domestic pellet boiler, Fuel

Farhan Ul Haque M, Nadalig T, Bringel F, Schaller H, Vuilleumier S (2013). A fluorescence-based bioreporter for the specific detection of methyl halides in the environment. *Appl. Environ. Microbiol.* 79, 6561-6567.

Florea I., Liu Y., Ersen O., Meny C., Pham-Huu C. TEM-EELS to investigate the structure-activity relationship in the Fischer-Tropsch catalyst. *ChemCatChem*, 5, 2610-2620, 2013.

Garnier, S. Sall, F. Garin, M.J. Chetcuti, C. Petit. Site effects in the adsorption of carbon monoxide on real 1.8 nm Pt particules : an infrared investigation in time and temperature. *J. of molecular catalysis A*, 373 (2013) 127-134

Guillon L., Altenburger S., Graumann P. L., Schalk I. J. (2013) Deciphering protein dynamics of the siderophore pyoverdine pathway in *Pseudomonas aeruginosa*. *Plos One* 8(10): e79111. doi:10.1371/journal.pone.0079111

Hiawakrim, D., Ersen, O., Melin, F., Hellwig, P., Janowska, I., Begin, D., Baaziz, W., Begin-Colin, S., Pham-Huu, C., Baati, R. A single-stage functionalization and exfoliation method for the production of graphene in water: Stepwise construction of 2D-nanostructured composites with iron oxide nanoparticles. *Nanoscale* 5, (19), 2013, 9073-9080

Hoegy F., Mislin G. L. A., Schalk I. J. (2013) Siderophore Measurements. *Springer Protocols Manuscript. Methods In Pseudomonas aeruginosa*. Edt Filloux A. & Ramos J. L. sous presse.

Hoegy F., Schalk I. J. (2013) Monitoring iron uptake. *Springer Protocols Manuscript. Methods In Pseudomonas aeruginosa*. Edt Filloux A. & Ramos J. L. sous presse.

Jingjie Luo, W. Chu, S. Sallet C. Petit. Facile Synthesis of monodispersed Au nanoparticles- coated on Stöber Silica. *Colloids and Surfaces A*: 425 (2013) 83-91

Julou T., Mora T., Guillon L., Croquette V., Schalk I. J., Bensimon D., Desprat N. (2013) Cell-cell contacts confine public goods diffusion inside *Pseudomonas aeruginosa* clonal microcolonies. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 110(31):12577-82. doi: 10.1073/pnas.1301428110.

Kalyuzhnaya MG, Yang S, Rozova ON, Smalley NE, Clubb J, Lamb A, Nagana Gowda GA, Raftery D, Fu Y, Bringel F, Vuilleumier S, Trotsenko YA, Beck D, Khmelenina VN, Lidstrom ME (2013). Highly efficient methane biocatalysis revealed in a methanotrophic bacterium. *Nature Communications* 4, 2785.

Khmelenina VN, Beck D, Munk C, Davenport K, Daligault H, Erkkila T, Goodwin L, Gu W, Lo C-C, Scholz M, Teshima H, Xu Y, Chain P, Bringel F, Vuilleumier S, DiSpirito A, Dunfield P, Jetten MSM, Klotz MG, Knief C, Murrell JC, Op den Camp HJM, Sakai Y, Semrau S, Svenning M, Stein LY, Trotsenko YA, Kalyuzhnaya MG (2013). Draft genome sequence of *Methylomicrobium buryatense* 5G, a haloalkaline-tolerant methanotrophic bacterium. *Genome Announc.* 1, 00053-13.

Kits K, Kalyuzhnaya M, Klotz M, Jetten M, Op den Camp H, Vuilleumier S, Bringel F, DiSpirito A, Murrell C, Bruce D, Cheng J-F, Copeland A, Goodwin L, Hauser L, Lajus A, Land M, Lapidus A, Lucas S, Médigue C, Pitluck S, Woyke T, Zeytun A, Stein L (2013). Genome sequence of the obligate Gammaproteobacterial methanotroph *Methylomicrobium album* strain BG8. *Genome Announc.* 1, 00170-13.

Klein, J., Wu, D., Tschamber, V., Fechete, I., Garin, F., « Carbon-NSR catalyst interaction: Impact on catalyst structure and NOx storage efficiency », *Applied Catalysis B: Environmental* 132-133 (2013) 527-534.

C. Le Dreff – Lorimier, G. Trouvé, V. Tschamber, Evaluation de solutions de réduction des émissions polluantes d'appareils de chauffage au bois (Projet ReduPo Bois), *Pollution atmosphérique*, n°217, janvier-mars 2013.

Liu, Y., Edouard, D., Nguyen, L.D., Begin, D., Nguyen, P., Pham, C., Pham-Huu, C. High performance structured platelet milli-reactor filled with supported cobalt open cell SiC foam catalyst for the Fischer-Tropsch synthesis. *Chemical Engineering Journal* 222, (2013) pp. 265-273

Liu, Y., Ba, H., Nguyen, D.-L., Ersen, O., Romero, T., Zafeiratos, S., Begin, D., Janowska, I., Pham-Huu, C. Synthesis of porous carbon nanotubes foam composites with a high accessible surface area and tunable porosity. *Journal of Materials Chemistry A* 1 (33) 2013 9508-9516

Liu Y., Dintzer Th., Ersen O., Pham-Huu C. Fischer-Tropsch synthesis-alumina decorated with carbon nanotubes catalyst. *Journal of Energy Chemistry*, 22, 279-289, 2013.

Liu Y., de Tymowski B., Florea I., Ersen O., Meny Ch., Nguyen P., Pham Ch., Luck F., Pham-Huu C. Titania decorated silicon carbide containing cobalt as a high efficient catalyst for the Fischer-Tropsch synthesis. *ACS Catalysis*, 3, 393-404, 2013.

S. Loyaux-Lawniczak, S. J. Stemmler, S. Vuilleumier, and V. A. Geoffroy. 2013. *Paenibacillus* sp., a powerful reducing agent of iron and manganese oxides. *Soumis à Fems Microbiol Ecol*.

Mislin G. L. A., Schalk I. J. (2014) Siderophore-dependent iron uptake systems as gates for antibiotic Trojan horse strategies against *Pseudomonas aeruginosa*. *Metallomics in press*

Nadalig T, Greule M, Bringel F, Vuilleumier S, Keppler F (2013). Hydrogen and carbon isotope fractionation during degradation of chloromethane by methylotrophic bacteria. *MicrobiologyOpen*, 2, 893-900.

Noël S., Hoegy F., Rivault F., Rognan D., Schalk I. J., Mislin G. L. A. (2014) Synthesis and biological properties of thiazole-analogues of pyochelin, a siderophore of *Pseudomonas aeruginosa*. *Bioorg Med Chem. Lett* 24(1):132-5.

Papaeftimiou, V. , Florea, I., Baaziz, W., Janowska, I., Doh, W.H., Begin, D., Blume, R., Knop-Gericke, A., Ersen, O., Pham-Huu, C., Zafeiratos, S. Effect of the specific surface sites on the reducibility of α -Fe₂O₃/graphene composites by hydrogen *Journal of Physical Chemistry C* 117 (39) , 2013, 20313-20319

Roselli S, Nadalig T, Vuilleumier S, Bringel F (2013). Plasmid pCMU01 features chloromethane utilization genes and gene redundancy for vitamin B12- and tetrahydrofolate-dependent chloromethane metabolism in *Methylobacterium extorquens* CM4: a proteomic and bioinformatics study. *PLoS One* 8, e56598.

Schalk I. J., Guillon L. (2013). Pyoverdine biosynthesis and secretion in *Pseudomonas* : implications for metal homeostasis. *Environ Microbiol.* 15(6):1661-73.

Schalk I. J. (2013) Innovation and originality in the strategies developed by bacteria to get access to iron. *Chembiochem* 14(3):293-4.

Schalk I. J., Guillon L. (2013) Fate of ferrisiderophores after import across bacterial outer membranes : different iron release strategies are observed in the cytoplasm or periplasm depending on the siderophore pathways. *Amino Acids* 44(5) : 1267-77.

Semrau JD, Jagadevan S, DiSpirito AA, Khalifa A, Scanlan J, Bergman BH, Freemeier BC, Baral BS, Bandow NL, Vorobev A, Haft DH, Vuilleumier S, Murrell JC (2013). Methanobactin and MmoD work in concert to act as the "copper-switch" in methanotrophs. *Environ. Microbiol.* 15, 3077-3086.

2012

A. Boulaoued, I. Fechet, B. Donnio, M. Bernard, P. Turek, F. Garin. Mo/KIT-6, Fe/KIT-6 and Mo-Fe/KIT-6 as new types of heterogeneous catalysts for the conversion of MCP». *Microporous and Mesoporous Materials*, 155, 131-142, (2012)

J. Brandel, N. Humbert, M. Elhabiri, I.J. Schalk, G.L.A. Mislin, A.M. Albrecht-Gary, "Role of Pyochelin in *Pseudomonas aeruginosa*: A Physico-Chemical Characterization of the Iron(III), Copper(II) and Zinc(II) Complexes", *Dalton Trans.* 2012, 41, 2820-2834.

A.F. Cosseron, H. Bennadji, G. Leyssens, L. Coniglio, T. Jean Daou and V. TSchamber. "Evaluation and treatment of carbonyl compounds and fine particles emitted by combustion of biodiesels in a generator". *Energy and fuels*, 26 (10) (2012) 6160-6167

A. Djeddi, I. Fechet, F. Garin. Conversion of methylcyclopentane (MCP) on Pt/MoO₂, Ir/MoO₂ and Pt-Ir/MoO₂ catalysts. *Catalysis Communications*, 17, 173-178, (2012)

A. Djeddi, I. Fechet, F. Garin. Selective ring opening of methylcyclopentane over Pt/ γ -Al₂O₃, Ir/ γ -Al₂O₃, Pt-Ir/ γ -Al₂O₃ catalysts with hydrogen at atmospheric pressure. *Applied Catalysis A: General*, 413-414, 340-349, (2012)

A. Djeddi, I. Fechet, F. Garin. Selective ring opening of methylcyclopentane over titania-supported monometallic (Pt, Ir) and bimetallic (Pt-Ir) catalysts. *Topics in Catalysis*, 55, 700-709 (2012)

S. Haddoum, I. Fechet, B. Donnio, F. Garin, D. Latic, C. Chitour. Fe-TUD-1 for the preferential rupture of the

substituted C-C bond of methylcyclopentane (MCP). *Catalysis Communications*, 17, 141-147, (2012)

Imfeld G, Vuilleumier S (2012). Measuring the effects of pesticides on bacterial communities in soil: a critical review. *Eur. J. Soil Biol.* 49, 22-30.

Janowska, F. Vigneron, D. Bégin, O. Ersen, P. Bernhardt, T. Romero, M.J. Ledoux, C. PhamHuu. Mechanical thinning to make few-layer graphene from pencil lead. *Carbon* 50 (8) ,. 3106-3110 (2012)

Khadem FA, Wieczorek AS, Pol A, Vuilleumier S, Harhangi HR, Dunfield PF, Kalyuzhnaya MG, Murrell JC, Francoijs K-J, Stunnenberg HG, Stein LY, DiSpirito AA, Semrau JD, Lajus A, Médigue C, Klotz MG, Jetten MSM, Op den Camp HJM (2012). Draft genome sequence of the volcano-inhabiting thermoacidophilic methanotroph *Methylacidiphilum fumariolicum* strain SolV. *J. Bacteriol.* 194, 3729-3730.

J. Klein, I. Fechete, V. Tschamber, F. Garin. Effect of carbon black combustion on NOx trap catalyst performance. *Catalysis Today* 189, 60-64 (2012).

Marx CJ, Bringel F, Chistoserdova L, Moulin L, Farhan UI Haque M, Fleischman DE, Gruffaz C, Jourand P, Knief C, Lee M-C, Muller EEL, Nadalig T, Peyraud R, Roselli S, Russ L, Goodwin LA, Ivanova N, Kyrpides N, Lajus A, Land ML, Médigue C, Mikhailova N, Nolan M, Woyke T, Stolyar S, Vorholt JA, Vuilleumier S (2012). Complete genome sequences of six strains of the genus *Methylobacterium*. *J. Bacteriol.* 194, 4746-4748.

Vuilleumier S, Khmelenina VN, Bringel F, Reshetnikov AS, Lajus A, Mangenot S, Rouy Z, Op den Camp HJM, Jetten MSM, DiSpirito AA, Dunfield P, Klotz MG, Semrau JD, Stein LY, Barbe, V, Médigue C, Trotsenko YA, Kalyuzhnaya MG (2012). Genome sequence of the haloalkaliphilic methanotrophic bacterium *Methylomicrobium alcaliphilum* 20Z. *J. Bacteriol.* 194, 551-552.

2011

Yang Binsheng, Françoise Hoegy, Gaëtan L.A. Mislin, Philippe J. Mesini, Isabelle J. Schalk. Terbium, a fluorescent probe for investigation of siderophore pyochelin interactions with its outer membrane transporter FptA. *Journal of Inorganic Biochemistry* 105 (2011) 1293–1298

Boden R, Cunliffe M, Scanlan J, Moussard H, Kitz K, Klotz MG, Jetten MSM, Vuilleumier S, Han J, Peters L, Mikhailova N, Teshima N, Tapia R, Kyrpides N, Ivanova N, Pagani I, Cheng J-F, Goodwin L, Han C, Hauser L, Land M, Lapidus A, Lucas S, Pitluck S, Woyke T, Stein LY, Murrell JC (2011). Complete genome sequence of the aerobic marine methanotroph *Methylomonas methanica* MC09. *J. Bacteriol.* 193, 7001-7002.

Bois P, Huguenot D, Norini MP, Farhan UI Haque M, Vuilleumier S, Lebeau T (2011). Herbicide degradation and copper complexation by bacterial mixed cultures from a vineyard stormwater basin. *J. Soils Sediments* 11, 860-873.

Karl Brilllet, Cornelia Reimmann, Gaetan L. A. Mislin, Sabrina Noël, Didier Rognan, Isabelle J. Schalk, and David Cobessi. Pyochelin Enantiomers and Their Outer-Membrane Siderophore Transporters in Fluorescent Pseudomonads: Structural Bases for Unique Enantiospecific Recognition. *J. Am. Chem. Soc.* 2011, 133, 16503–16509

A. Budimir, N. Humbert, M. Elhabiri, I. Osinska, M. Birus, A. M. Albrecht-Gary, "Hydroxyquinoline Based Binders: Promising Ligands for Chelato-Therapy?", *J. Inorg. Biochem.* 2011, 105, 490-496.

I. Fechete, B. Donnio, O. Ersen, T. Dintzer, A. Djeddi, F. Garin. Single crystals of mesoporous tungsten silicate W-MCM-48 molecular sieves for the conversion of methylcyclopentane (MCP). *Applied Surface Science*, 257, 2791-2800, (2011)

Hamon, E., Horvatovich, P., Izquierdo, E., Bringel, F., Marchioni, E., Aoude-Werner, D., and Ennahar, S. (2011). Comparative proteomic analysis of *Lactobacillus plantarum* for the identification of key proteins in bile tolerance. *BMC Microbiol* 11, art. 63.

Imfeld G, Bringel F, Vuilleumier S (2011). Bacterial tolerance in contaminated soils: potential of the PICT approach in microbial ecology. In: *Tolerance to Environmental Contaminants* (Amiard-Triquet C, Rainbow PS, Roméo M, eds.), CRC Press, Boca Raton, Chapter 14, 335-364.

Kittichotirat W, Good N, Hall R, Bringel F, Lajus A, Médigue C, Smalley N, Beck D, Bumgarner R, Vuilleumier S,

Kalyuzhnaya MG (2011). Genome sequence of *Methyloversatilis universalis* FAM5^T, a methylotrophic representative of the order *Rhodocyclales*. *J. Bacteriol.* 193, 4541-4542.

D. L. Nguyen, K. Chizari, K. Wang, M. Houllé, I. Janowska, S. Moldovan, O. Ersen, C. Pham-Huu. Urchin-like self-supported carbon nanotubes. *Material Letters* 65, 2482-2485 (2011).

Muller E, Bringel F, Vuilleumier S (2011). Dichloromethane-degrading bacteria in the genomic age. *Res. Microbiol.* 162, 869-876.

Muller E, Hourcade E, Louhichi Y, Hammann P, Vuilleumier S, Bringel F (2011). Functional genomics of dichloromethane utilisation in *Methylobacterium extorquens* DM4. *Environ. Microbiol.* 13, 2518-2535.

Nadalig T, Farhan Ul Haque M, Roselli S, Schaller H, Bringel F, Vuilleumier S (2011). Detection and isolation of chloromethane-degrading bacteria from the *Arabidopsis thaliana* phyllosphere, and characterization of chloromethane utilisation genes. *FEMS Microbiol Ecol.* 77, 438-448

Sabrina Noël, Veronique Gasser, Benedicte Pesset, Françoise Hoegy, Didier Rognan, Isabelle J. Schalk and Gaëtan L. A. Mislin. Synthesis and biological properties of conjugates between fluoroquinolones and a N3 $\zeta\zeta$ -functionalized pyochelin. *Organic & Biomolecular Chemistry*, Accepted 14th September 2011

V. Papaefthimiou, T. Dintzer, V. Dupuis, A. Tamion, F. Tournus, A. Hillion, D. Teschner, M. Hävecker, A. Knop-Gericke, R. Schlögl, S. Zafeiratos. Nontrivial redox behavior of nanosized cobalt: New insights from ambient pressure X-ray photoelectron and absorption spectroscopies. *ACS Nano* 5, 2182-2190 (2011).

Isabelle J. Schalk, MéliSSa Hannauer and Armelle Braud. New roles for bacterial siderophores in metal transport and tolerance. *Environmental Microbiology* (2011) 13(11), 2844–2854

Semrau JD, DiSpirito AA, Vuilleumier S (2011). Facultative methanotrophy: False leads, true results, and suggestions for future research. *FEMS Microbiol. Lett.* 323, 1-12.

Stein LY, Bringel F, DiSpirito AA, Han S, Jetten MSM, Kalyuzhnaya MG, Kits KD, Klotz MG, Op den Camp HJM, Semrau JD, Vuilleumier S, Bruce F, Cheng JF, Copeland A, Davenport KW, Goodwin L, Han S, Hauser L, Lajus A, Land ML, Lapidus A, Lucas S, Médigue C, Pitluck S, Woyke T (2011). Genome sequence of the methanotrophic Alphaproteobacterium, *Methylocystis* sp. Rockwell (ATCC 49242). *J. Bacteriol.* 193, 2668-2669.

Svenning MM, Hestnes AG, Warttinen I, Stein LY, Klotz MG, Kalyuzhnaya MG, Spang A, Bringel F, Vuilleumier S, Lajus A, Médigue C, Bruce DC, Cheng JF, Goodwin L, Ivanova N, Han J, Han CS, Hauser L, Held B, Land ML, Lapidus A, Lucas S, Nolan M, Pitluck S, Woyke T (2011). Genome sequence of the Arctic methanotroph *Methylobacter tundripaludum* SV96. *J. Bacteriol* 193, 6418-6419.

Torgonskaya ML, Doronina NV, Hourcade E, Trotsenko YA, Vuilleumier S (2011). Chloride-specific adaptative response in aerobic methylotrophic dichloromethane-utilising bacteria. *J. Basic Microbiol.* 51, 296–303.

Vuilleumier S, Nadalig T, Farhan Ul Haque M, Magdelenat G, Lajus A, Roselli S, Muller EEL, Gruffaz C, Barbe V, Médigue C, Bringel F (2011). Complete genome sequence of the chloromethane-degrading strain *Hyphomicrobium* sp. strain MC1. *J. Bacteriol.* 193, 5035-5036.

2010

S. Abada, A. Lecointre, M. Elhabiri, L.J. Charbonnière, "Formation of very Stable and Selective Cu(II) Complexes with a Non-Macrocyclic Ligand : Can Basicity Rivals with Pre-organization ?", *Dalton Trans.* 2010, 39, 9055-9062.

S. Abada, A. Lecointre, I. Déchamps-Olivier, C. Platas-Iglesias, C. Christine, M. Elhabiri, L.J. Charbonnière, "Highly stable acyclic bifunctional chelator for 64Cu PET imaging", *Radiochimica Acta* 2010, doi: 10.1524/ract.2010.NS755.

S., Begin D., Edouard D., Pham-Huu C., Lett M-C., Keller N., Keller V. J. UV-Photocatalytic treatment of *Legionella pneumophila* bacteria contaminated airflows through three-dimensional solid foam structured photocatalytic reactors. *Josset S., Hajjesmaili Hazardous Materials*, 175 : 372-381 (2010)

K. Bonnot, P. Bernhardt, D. Hassler, C. Baras, M. Comet, V. Keller, D. Spitzer, Tunable generation and adsorption

of energetic compounds in the vapor phase at trace levels: A tool for testing and developing sensitive and selective substrates for explosive detection. *Analytical Chemistry* 82 (8) , 3389-3393 (2010).

Braud, V. Geoffroy, F. Hoegy, G. L. A. Mislin, I. J. Schalk. 2010. Presence of the siderophores pyoverdine and pyochelin in the extracellular medium reduces toxic metal accumulation in *Pseudomonas aeruginosa* and increases bacterial metal tolerance. *Environ Microbiol Report.* 2, 419-425.

K. Chizari, I. Janowska, M. Houllé, I. Florea, O. Ersen, T. Romero, P. Bernhardt, M. J. Ledoux, C. Pham-Huu. Tuning of a nitrogen doping multi-walled carbon nanotubes for use as catalyst support. *Applied Catalysis A: General* 380, 72-80 (2010).

Couée, I., et Bringel, F. (2010). Expanding importance of mRNA expression in understanding stress and stress responses. *J Theor Biol* 266, 479-482.

M. Hannauer, E. Yeterian, L. W. Martin, I. L. Lamont, I. J. Schalk. 2010. An efflux pump is involved in secretion of newly synthesized siderophore by *Pseudomonas aeruginosa*. *FEBS Lett.* 584, 4751-5.

M. Houllé, D. Bégin, D. Plee, M-J. Ledoux, C. Pham-Huu. Microwave synthesis of large few-layer graphene sheets in aqueous solution of ammonia. I. Janowska, K. Chizari, O. Ersen, S. Zafeiratos, D. Soubane, D., V. da Costa, V. Speisser, C. Boeglin, *Nano Research* 3, 126-137 (2010).

I. Janowska, K. Chizari, O. Ersen, S. Zafeiratos, D. Soubane, D., V. da Costa, V. Speisser, C. Boeglin, M. Houllé, D. Bégin, D. Plee, M-J. Ledoux, C. Pham-Huu. Microwave synthesis of large few-layer graphene sheets in aqueous solution of ammonia. *Nano Research* 3, 126-137 (2010).

M. Jeguirim, K. Villani, J. F. Brillhac, J. A. Martens, Ruthenium and Platinum catalyzed carbon oxidation : a comparative kinetic study, *Applied Catalysis B: Environmental* 96 (2010) pp. 34-40

Josset S., Taranto J., Keller N., Keller-Spitzer V., and Lett M-C. Photocatalytic treatment of bioaerosols: impact of the reactor design. *Envir. Sciences & Technol.* 44(7):2605-11 (2010)

Krentz BD, Mulheron HJ, Semrau JD, DiSpirito AA, Bandow NL, Haft DH, Vuilleumier S, Murrell JC, McEllistrem MT, Hartsel SC, Gallagher WH (2010). A comparison of methanobactins from *Methylosinus trichosporium* OB3b and *Methylocystis* strain SB2 predicts methanobactins are synthesized from diverse ribosomally produced peptide precursors modified to create a common core for binding and reducing copper ions. *Biochemistry* 49, 10117-10130.

M. Labaki, M. Issa, S. Smeekens, S. Heylen, C.E.A. Kirschhock, K. Villani, M. Jeguirim, D. Habermacher, J.F. Brillhac, J. A. Martens, Modeling of NOx Adsorption-Desorption-Reduction Cycles on a Ruthenium Loaded Na-Y Zeolite, *Applied Catalysis B: Environmental* 97 (2010) 13-20

Y. Liu, I. Janowska, T. Romero, D. Edouard, L. D. Nguyen, O. Ersen, V. Keller, C. Pham-Huu. High surface-to-volume hybrid platelet reactor filled with catalytically grown vertically aligned carbon nanotubes. *Catalysis Today* 150, 133-139 (2010).

Penny C, Vuilleumier S, Bringel F (2010). Microbial degradation of tetrachloromethane: mechanisms and perspectives for bioremediation. *FEMS Microbiol Ecol.* 74, 257-275.

Penny C, Nadalig T, Alioua M, Gruffaz C, Vuilleumier S, Bringel F (2010). Coupling of denaturing high-performance liquid chromatography and terminal restriction fragment length polymorphism with precise fragment sizing for microbial community profiling and characterization. *Appl. Environ. Microbiol.* 76, 648-651.

Stein LY, Semrau JD, DiSpirito AA, Crombie A, Murrell JC, Vuilleumier S, Kalyuzhnaya MG, Op den Camp HJM, Bringel F, Bruce F, Cheng JF, Copeland A, Goodwin L, Han S, Hauser L, Jetten MSM, Lajus A, Land ML, Lapidus A, Lucas S, Médigue C, Pitluck S, Woyke T, Yoon S, Zeytun A, Klotz MG (2010). Genome sequence of the obligate methanotroph, *Methylosinus trichosporium* strain OB3b. *J. Bacteriol.* 192, 6497-6498.

Todorova TT, Kujumdzieva AV, Vuilleumier S (2010). Non-enzymatic roles for the *URE2* glutathione S-transferase in the response of *Saccharomyces cerevisiae* to arsenic. *Arch. Microbiol.* 192, 909-918.

E. Yeterian, L. W. Martin, L. Guillon, L. Journet, I. L. Lamont, I. J. Schalk. 2010. Synthesis of the siderophore pyoverdine in *Pseudomonas aeruginosa* involves a periplasmic maturation. *Amino Acids*, 38, 5, 1447-59.

E. Yeterian, L. W. Martin, I. L. Lamont, I. J. Schalk. 2010. An efflux pump is required for siderophore recycling by *Pseudomonas aeruginosa*. *Environ Microbiol Report*, 2, 412-418.

N. Zouaoui, J.F. Brillhac, F. Mechat, M. Jeguirim, B. Djellouli, P. Gilot, Study of experimental and theoretical procedures when using thermogravimetric analysis to determine kinetic parameters of carbon black oxidation, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 102 (2010) 837-849.

2009

G. Arichi, P. Bernhardt, M. Molière, A. Kiennemann, F. Garin, B. Louis. Preparation and characterisation of metal oxides supported on SBA-15 as methane combustion. *Catalysts. Comptes Rendus Chimie* 12 (6-7) , 731-739 (2009) .

A. Braud, G. L. A. Mislin, I. J. Schalk. 2009. The *Pseudomonas aeruginosa* pyochelin-iron uptake pathway and its metal specificity. *J Bacteriol.*, 191, 3517-25.

A. Braud, F. Hoegy, K. Jezequel, T. Lebeau, I. J. Schalk. 2009. New insights into the metal specificity of the *Pseudomonas aeruginosa* pyoverdine-iron uptake pathway. *Environ Microbiol* 11, 1079-91

J.-F. Brillhac, O. Thibault, *Analyse des risques sur un territoire : ébauche d'une nouvelle méthode globale*, *Techniques de l'ingénieur*, AG1586, 2009

Cambon-Bonavita, M. A., Nadalig, T., Roussel, E., Delage, E., Duperron, S., Caprais, J.-C., Boetius, A. & Sibuet, M. (2009). Diversity and distribution of methane oxidizing microbial communities associated with different faunal assemblages in a giant pockmark of the Gabon continental margin. *Deep-Sea Research II* 56, 2248-2258.

G. Centi, M. Gangeri, M. Fiorello, S. Perathoner, J. Amadou, D. Bégin, M.J. Ledoux and R. Schlögl, The role of mechanically induced defects in carbon nanotubes to modify the properties of electrodes for PEM fuel cell. *Catalysis Today* 147(3-4), 287-299 (2009)

L. Di Felice, C. Courson, N. Jand, K. Gallucci, P. U. Foscolo, A. Kiennemann. Catalytic biomass Gasification: simultaneous Hydrocarbons steam Reforming and CO₂ Capture in a Fluidised Bed Reactor. *Chemical Engineering Journal* 154(1-3), 375-383. (2009)

K. Favro, J.F. Brillhac, O. Thibault, *Risques et Territoires : Contribution à une approche globale (Les dimensions territoriales du risque)*, *Préventique-Sécurité*, n°105, pp 36-40, mai-juin 2009

K. Favro, J.F. Brillhac, O. Thibault, *Risques et Territoires : Contribution à une approche globale (La définition d'une méthode pertinente)*, *Préventique-Sécurité*, n°106, pp 30-34, juillet-aout 2009

Firsova J, Doronina N, Lang E, Spröer C, Vuilleumier S, Trotsenko YA (2009). *Ancylobacter dichloromethanicus* sp. nov. - a new aerobic facultatively methylotrophic bacterium utilizing dichloromethane. *Syst. Appl. Microbiol.* 32, 227-232.

Goulhen-Chollet F., Josset S., Keller N., Keller-Spitzer V. and Lett M-C A biochemical approach of UV-A photocatalysis over microorganisms through 1D and 2D protein electrophoresis. *Catalysis Today* 147 (2009), pp. 169-172.

J. Greenwald, M. Nader, H. Celia, C. Gruffaz, V. Geoffroy, J.-M. Meyer, I. J. Schalk, F. Pattus. 2009. FpvA bound to non-cognate pyoverdines: molecular basis of siderophore recognition by an iron transporter. *Mol Microbiol.*, 72, 1246-1259.

F. Hoegy, X. Lee, S. Noel, D. Rognan, G. L. A. Mislin, C. Reimann, I. J. Schalk 2009. Stereospecificity of the siderophore pyochelin outer membrane transporters in fluorescent *Pseudomonads*. *J Biol Chem*, 284, 14949-57.

Humbert, B. Verdejo, J.M. Llinares, M. Elhabiri, J. Jezierska, C. Soriano, H. Kozłowski, A.M. Albrecht-Gary, E. Garcia-Espana, Cu²⁺ Coordination Properties of a 2-Pyridine Heptaamine Tripod: Characterization and Binding Mechanism *Inorg. Chem.* 2009, 48, 8985-8997..

M. Issa, H. Mahzoul, A. Brillard, J.-F. Brillhac, Catalytic carbon oxidation in the presence of cerium oxide: experimental study and modelling of the effect of oxygen concentration, *Chemical Engineering & Technology*, Volume 32 Issue 12, Pages 1859 – 1865, December 2009

M. Issa, C. Petit, H. Mahzoul, A. Aboukaïs, J.-F. Brillhac, EPR and SEM characterizations of the contact between carbon black and cerium oxide. *Topics in Catalysis*, Volume 52, December 2009, Pages 13-20

I. Janowska, S. Hajjesmaili, D. Bégin, V. Keller, N. Keller, M.J. Ledoux, C. Pham-Huu, Macronized aligned carbon nanotubes for use as catalyst support and ceramic nanoporous membrane template. *Catalysis Today* 145(1-2), 76-84

(2009)

I. Janowska, O. Ersen, T. Jacob, Ph. Vénégués, D. Bégin, M. J. Ledoux and C. Pham-Huu. Catalytic unzipping of carbon nanotubes to few-layer graphene sheets under microwaves irradiation. *Applied Catalysis A: General* 371(1-2), 22-30 (2009)

M. Jeguirim, V. Tschamber, J. F. Brillhac, Kinetics and Mechanism of the Oxidation of Carbon by NO₂ in the Presence of Water Vapor. *International Journal of Chemical Kinetics*. Volume 41, Issue 4, 2009, Pages: 236-244

M. Jeguirim, V. Tschamber, J. F. Brillhac, Kinetics of catalyzed and non-catalyzed soot oxidation with nitrogen dioxide under Regeneration Particle Trap Conditions. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, Volume 84, Issue 5, Pages 770-776, May 2009

M. Jeguirim, V. Tschamber, K. Villani, J. F. Brillhac, J. A. Martens, Mechanistic study of Carbon oxidation with NO₂ and O₂ in presence of Ru/Na-Y catalyst, *Chemical Engineering & Technology*, Volume 32 Issue 5, Pages 830 – 834, May 2009

F. Ozil, V. Tschamber, F. Haas, G. Trouvé, Efficiency of catalytic processes for the reduction of CO and VOC emissions from wood combustion in domestic fireplaces, *Fuel Processing Technology*, Volume 90, Issue 9, September 2009, Pages 1053-1061

A. Sornosa Ten, N. Humbert, B. Verdejo, J.M. Llinares, M. Elhabiri, J. Jezierska, C. Soriano, H. Kozlowski, A.M. Albrecht-Gary, E. Garcia-Espana, Cu²⁺ Coordination Properties of a 2-Pyridine Heptaamine Tripod: Characterization and Binding Mechanism *Inorg. Chem.* 2009, 48, 8985-8997.

Todorova TT, Petrova V, Vuilleumier S, Kujumdzieva A (2009). Response to different oxydants of *Saccharomyces cerevisiae Dure2* mutant. *Arch. Microbiol.* 191, 837-845.

Vuilleumier S, Chistoserdova L, Lee MC, Bringel F, Lajus A, Zhou Y, Gourion B, Barbe V, Chang J, Cruveiller S, Dossat C, Gillett W, Gruffaz C, Haugen E, Hourcade E, Levy R, Mangenot S, Muller E, Nadalig T, Pagni M, Penny C, Peyraud R, Robinson DG, Roche D, Rouy Z, Saenampechek C, Salvignol G, Vallenet D, Wu Z, Marx CJ, Vorholt JA, Olson MV, Kaul R, Weissenbach J, Médigue C, Lidstrom ME (2009). *Methylobacterium* genome sequences: a reference blueprint to investigate microbial metabolism of C₁ compounds from natural and industrial sources. *PLoS One* 4, e5584.

R. Zukerman, L. Vradman, M. Herskowitz, E. Liverts, M. Liverts, A. Massner, M. Weibel, J.F. Brillhac, P.G. Blakeman, L.J. Peace, Modeling and simulation of a smart catalytic converter combining NO_x storage, ammonia production and SCR. *Chemical Engineering Journal*, Volume 155, Issue 1-2, pp. 419-426, 2009

2008

J. Amadou, K. Chizari, M. Houllé, I. Janowska, O. Ersen, D. Bégin, C. Pham-Huu. Nitrogen-doped carbon nanotubes for liquid-phase C=C bond hydrogenation. *Catalysis Today* 138, 62-68 (2008).

G. Aouad, Crovisier, J. L., Damidot, D., Stille, P., Hutchens, E., Mutterer, J., Meyer, J. M., and Geoffroy, V. 2008. Interaction between municipal solid waste incinerator bottom ash and *Pseudomonas aeruginosa*. *Science of the total environment*. 393, 385-393.

Bringel, F., Vuilleumier, S, et Arsène-Ploetze, F. (2008) Low carbamoyl phosphate pools may drive *Lactobacillus plantarum* CO₂ -dependent growth phenotype. *J. Molec. Microbiol. Biotechnol.* 14, 22-30.

Bringel, F., Hammann, P., Kugler, V., Arsène-Ploetze, F. (2008) *Lactobacillus plantarum* response to inorganic carbon concentrations: PyrR(2)-dependent and -independent transcription regulation of genes involved in arginine and nucleotide metabolism. *Microbiology* 154, 2629-2640.

David, M., Bringel, F., Pagni, M., Gilmartin, N., Boubakri, H., Nadalig, T., Simonet, P., Vogel, T., Vuilleumier, S. (2008) Diversité et évolution des déshalogénases bactériennes : détection bioinformatique et perspectives de recherche. *Les Actes du BRG* 7, 83-94.

A. Djeddi, Y. Liu, I. Fehete, F. Garin. Ring opening of methylcyclohexane on MoO₃ and WO₃ catalysts. *Scientific Study and Research - Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry* 9, (2008) 1-12

V. A. Geoffroy, Bachelet, M., Crovisier, J.-L., Aouad, G., and Damidot D. 2008. Evaluation of aluminium sensitivity on a biodegrading bacteria *Acidithiobacillus thiooxidans*: definition of a specific growth medium. *Calcium Aluminate Cements: Proceedings of the centenary Conference*, 309-319.

M. Issa, C. Petit, A. Brillard, J-F. Brillhac, Oxidation of carbon by CeO₂: Effect of the contact between carbon and catalyst particles. *Fuel*, Volume 87, Issue 6, May 2008, Pages 740-750

Josset S., Keller N., Lett M-C., Ledoux M., Keller V. Numeration methods for targeting photoactive materials in the UV-A photocatalytic removal of microorganisms. *Chem. Soc. Rev.* 37 : 744-755 (2008).

G. Rebmann, V. Keller, M. J. Ledoux, N. Keller. Cu-Y zeolite supported on silicon carbide for the vapor phase oxidative carbonylation of methanol to dimethylcarbonate. *Green Chemistry* 10, 207-213 (2008).

P. Ruvinsky, S. Pronkin, V. I. Zaikovskii, P. Bernhardt, E. R. Savinova. On the enhanced electrocatalytic activity of Pd overlayers on carbon-supported gold particles in the hydrogen electrooxidation. *Physical Chemistry Chemical Physics* 10, 6665-6676 (2008).

V. Tomisic, S. Blanc, M. Elhabiri, D. Expert, A.M. Albrecht-Gary, "Iron(III) Uptake and Release by Chrysobactin, a Siderophore of the Phytopathogenic Bacterium *Erwinia chrysanthemi*", *Inorg. Chem.* 2008, 47, 9419-9430.

E. Vanhaecke, S. Ivanova, O. Ersen, A Deneuve, D. Edouard, G. Winé, P. Nguyen, C. Pham, C. Pham-Huu. 1D SiC decorating macroscopic shape of SiC for filtration devices. *Journal of Materials Chemistry* 18, 4654-4662 (2008).

J. Yang, V. Tschamber, D. Habermacher, F. Garin, P. Gilot, Effect of sintering on the catalytic activity of a Pt based catalyst for CO oxidation: Experiments and modeling. *Applied Catalysis B: Environmental*, Volume 83, Issues 3-4, September 2008, Pages 229-239

2007

H. Belatel, H. Al-Kandari, F. Al-Kharafi, F. Garin, A. Katrib. Catalytic reactions of methylcyclohexane (MCH), on partially reduced tungsten oxide(s). *Applied Catalysis A: General* 318 , 227-233 (2007).

F. Bosc, A. Ayrat, N. Keller, V. Keller. Room temperature visible light oxidation of CO by high surface area rutile TiO₂ supported metal photocatalyst. *Applied Catalysis B: Environmental* 69, 133-137 (2007).

T. J. Daou, S. Bégin-Colin, J. M. Grenèche, F. Thomas, A. Derory, P. Bernhardt, P. Legaré, G. Pourroy. Phosphate adsorption properties of magnetite-based nanoparticles. *Chemistry of Materials* 19, 4494-4505 (2007).

U. B. Demirci, F. Garin. Kinetic study of n-heptane conversion on palladium or iridium supported on sulphated zirconia. *Journal of Molecular A : Chemical* 271, 216-220 (2007).

M. Elhabiri, C. Carrère, F. Marmolle, H. Traboulsi, "Complexation of Iron(III) by Catecholate-Type Polyphenols", *Inorg. Chim. Acta* 2007, 360, 353-359.

M.A.Gómez-García, S. Libs, P. Bernhardt, V. Pitchon, A. Kiennemann. Multifunctional catalyst for de-NO_x processes: The use of methanol for the selective reduction of NO_x. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 46 (22) , 7045-7049 (2007).

I. Janowska, G. Winé, M. J. Ledoux, C. Pham-Huu. Structured silica reactor with aligned carbon nanotubes as catalyst support for liquid-phase reaction. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 267, 92-97 (2007).

M. Jeguirim, V. Tschamber, P. Ehrburger, Catalytic effect of platinum on the kinetics of carbon oxidation by NO₂ and O₂. *Applied Catalysis B*, Vol. 76, Issues 3-4, 235-240 année ?

Josset S., Taranto J., Keller N., Keller V., Lett M-C., Ledoux M., Bonnet V., Rougeau S. UV-A photocatalytic treatment of high flow rate air contaminated with *Legionella pneumophila*. *Catalysis Today* 129 (1-2) : 215-222 (2007)

R. Kikkeri, H. Traboulsi, N. Humbert, E. Gumienna-Kontecka, R. Arad-Yellin, G. Melman, M. Elhabiri, A.M. Albrecht-Gary, A. Shanzer, "Toward Iron Sensors: Bioinspired Tripods Based on Fluorescent Phenol-Oxazoline Coordination Sites", *Inorg. Chem.* 2007, 46, 2485-2497.

M. Labaki, M. Mokhtari, J.F. Brillhac, S. Thomas, V. Pitchon, Simulation of NO and NO₂ sorption-desorption-reduction behaviours on Pt impregnated HPW supported on TiO₂. *Applied Catalysis B*, Issues 3-4, pp. 386-394, 2007

E. R. Savinova, F. Hahn, N. Alonso-Vante. Surface electrochemistry of CO as a probe molecule on carbon-supported Se-surface modified Ru nanoparticles via infrared reflection absorption spectroscopy. *Physical Chemistry Chemical Physics* 42, 5693-5699 (2007).

Schröder, P., Navarro-Aviñó, J., Azaizeh, H., Goldhirsh, A. G., DiGregorio, S., Komives, T., Langergraber, G., Lenz, A.,

Maestri, E., Memon, A. R., Ranalli, A., Sebastiani, L., Smrcek, S., Vanek, T., Vuilleumier, S., et Wissing, F. (2007) Using phytoremediation technologies to upgrade waste water treatment in Europe. *Environ. Sci. Pollution Rep.* 14, 440-447.

Todorova, T. T., Vuilleumier, S., et Kujumdzieva, A. (2007) Role of glutathione S-transferases and glutathione in arsenic and peroxide resistance in *Saccharomyces cerevisiae*: a reverse genetic analysis approach. *Biotech. Biotech. Eq.* 21, 348-352.

Tralau, T., Vuilleumier, S., Thibault, C., Campbell, B. J., Hart, A., et Kertesz, M. A (2007). Transcriptomic analysis of the sulfate starvation response of *Pseudomonas aeruginosa*. *J. Bacteriol.* 189, 6743-6750.

V. Tschamber, M. Jeguirim, K. Villani, J. Martens, P. Ehrburger, Comparison of the activity of Ru and Pt catalysts for the oxidation of carbon by NO₂. *Applied Catalysis B: Environmental* 72, 299–303, 2007

G. Winé, Z. El-Berrichi, C. Pham-Huu. Beta zeolite supported on silicon carbide for Friedel-Crafts fixed-bed reaction. *Journal of Molecular Catalysis A : Chemical* 278, 64-71 (2007)

2006

J. Amadou, D. Begin, P Nguyen , JP Tessonnier , T Dintzer , E Vanhaecke , MJ Ledoux , C Pham-Huu. Synthesis of a carbon nanotube monolith with controlled macroscopic shape. *Carbon* 44 (12) (2006) 2587-2589

G. Aouad, Geoffroy, V. A., Meyer, J.-M., Crovisier, J.-L., Damidot, D. and Stille, P. 2006. Microbially-mediated glass dissolution and sorption of metals by *Pseudomonas aeruginosa* cells and biofilm. *Journal of Hazardous Materials*, B136, 889-895.

G. Aouad, Stille, P., Crovisier, J.-L., Geoffroy, V. A., Meyer, J.-M., Lahd-Geagea M. 2006. Influence of bacteria on lanthanide and actinide transfer from specific soil components (humus, soil minerals and vitrified municipal solid waste incinerator bottom ash) to corn plants: Sr-Nd isotope evidence. *Science of the total environment.* 370, 545-551.

G. Aouad, Crovisier, J.-L., Damidot, D., Stille, P., Meyer, J.-M., Geoffroy, V. A. 2006. Action bactérienne sur un mâchefer d'incinération d'ordure ménagère. *Déchets, Sciences et Techniques.* 42, 12-16.

G. Aouad, Crovisier, J.-L., Meyer, J.-M., Stille, P., Damidot, D., Geoffroy, V. A., Influence de *Pseudomonas aeruginosa* sur la vitesse d'altération de silicates. 2006. *Matériaux et techniques. Hors série*, 94, 517-524.

T. J. Daou, G. Pourroy, S. Bégin-Colin, J. M. Grenèche, C. Ulhaq-Bouillet, P. Legaré, P. Bernhardt, C. Leuvrey, G. Rogez. Hydrothermal synthesis of monodisperse magnetite nanoparticles. *Chemistry of Materials* 18, 4399-4404 (2006).

Hauser, F., Lindemann, A., Vuilleumier, S., Patrignani, A., Schlapbach, R., Fischer, H.-M., et Hennecke, H. (2006). Design and validation of a partial-genome microarray for transcriptional profiling of the *Bradyrhizobium japonicum* symbiotic gene region. *Mol. Genet. Genom.* 275, 55-67.

A. Houteit, H. Mahzoul, P. Ehrburger, P. Bernhardt, P. Legare, F. Garin, Production of hydrogen by steam reforming of methanol over copper-based catalysts: The effect of cesium doping. *Applied Catalysis A: General*, 306, 22-28, 2006

J. Kalthoum Cherif, I. M'Rabet, M. Elhabiri, R. Abidi, A.M. Albrecht-Gary, «Mesure de l'activité antiradicalaire du jus et des peaux d'oranges Tunisiennes par le radical DPPH», *Fruits* 2006, 61, 99-107.

Petrovic, T., Niksic, M., et Bringel, F. (2006). Strain typing with ISLp1 in *Lactobacilli*. *FEMS Microbiol. Lett.* 255, 1-10.

2005

G. Aouad, Geoffroy, V. A., Meyer, J.-M., Crovisier, J.-L., Damidot, D. and Stille P. 2005. Mise au point d'un milieu de culture pour l'étude de l'altération de silicates en présence de *Pseudomonas aeruginosa*. *Comptes Rendus Géosciences*, 337, 15, 1340-1347.

Bringel, F., Castioni, A., Olukoya, D. K., Felis, G. E., Torriani, S., et Dellaglio, F. (2005). *Lactobacillus plantarum* subsp. *argentoratensis* subsp. nov., isolated from vegetable matrices. *Int. J. Syst. Environ. Bacteriol.* 55, 1629-1634.

Duperron, S., Nadalig, T., Caprais, J.-C., Sibuet, M., Fiala-Medioni, A., Amann, R., et Dubilier, N. (2005). Dual symbiosis in a *Bathymodiolus* sp. mussel from a methane seep on the gabon continental margin (southeast Atlantic): 16S rRNA phylogeny and distribution of the symbionts in gills, *Appl. Environ. Microbiol.* 71, 1694-1700.

M. Jeguirim, V. Tschamber, J.F. Brillhac, P. Ehrburger, Oxidation mechanism of carbon black by NO₂: Effect of water

vapour. Fuel, 84, 1949-1956, 2005

H. Kornreich Leshem, C. Ziv, E. Gumienna-Kontecka, R. Arad-Yellin, Y. Chen, M. Elhabiri, A.M. Albrecht-Gary, Y. Hadar, A. Shanzer, "Ferrioxamine B Analogs: Targeting the FoxA Uptake System in the Pathogenic *Yersinia enterocolitica*", J. Am. Chem. Soc. 2005, 127, 1137-1145.

P. Legaré. Interaction of oxygen with the Pt (111) surface in wide conditions range. A DFT-based thermodynamical simulation. Surface Science 580, 137-144 (2005).

Molenaar, D., Bringel, F., Schuren, F. H., de Vos, W. M., Siezen, R. J., et Klerebezeem, M. (2005). Exploring *Lactobacillus plantarum* genome diversity using microarrays, J. Bacteriol. 187, 6119-6127.

Shen, J. S., Geoffroy, V., Neshat, S., Jia, Z. C., Meldrum, A., Meyer, J.-M., et Poole, K. (2005). FpvA-mediated ferric pyoverdine uptake in *Pseudomonas aeruginosa*: Identification of aromatic residues in FpvA implicated in ferric pyoverdine binding and transport. J. Bacteriol. 187, 8511-8515.

2004

Aouad G., Geoffroy V. A., Meyer J.-M., Crovisier J.L., Stille P., Damidot D. (2004) Experimental evidence for a direct use of nutriment (Fe, Mg) from basaltic glass, and MWI bottom ash by *Pseudomonas aeruginosa*. Acta, vol.68, p. A384.

Bringel, F. et Hubert, J.-C. (2004). *Lactobacilli* evolve by cumulative DNA degeneration. Dairy Sci. Technol. 84, 25-32.

Geoffroy, V., et Meyer, J.-M. (2004). Siderotyping of antarctic fluorescent *Pseudomonas* strains, Cell. Mol. Biol. 50, 585-590.

M. Jeguirim, V. Tschamber, J.F. Brilhac, P. Ehrburger, Interaction mechanism of NO₂ with carbon black: effect of surface oxygen complexes. Journal of Analytical Pyrolysis, 72, 171-181, 2004

P. Legaré, G. F. Cabeza, N. J. Castellani. Atomic and electronic structure dependence of surface chemical reactivity: The case of CO adsorption on a Pt/Co surface. Catalysis Today 89, 363-368 (2004).

Lewis T.A., Leach L., Morales S., Austin P.R., Hartwell H.J., Kaplan B., Forker C., Meyer J.-M. (2004). Physiological and molecular genetic evaluation of the dechlorination agent, pyridine-2,6-bis(mono-thiocarboxylic acid) (pdtc) as a secondary siderophore of *Pseudomonas*. Environ. Microbiol. 6: 159-169.

Y. Nguyen Huu Nhon, J.-F. Brilhac, C. Petit, RECP - A reactor designed to test the effect of a catalyst on soot oxidation in a Diesel Particulate Filter, Chem. Eng. Technol., 27, 781-782, 2004.

Simeonova D., Muller, D., Lièvreumont D., Lagarde F., Muller, D., Groudeva V., M.-C. Lett. (2004). Microplate Screening assay for the detection of arsenite-oxidizing and arsenate-reducing bacteria. FEMS Microbiol Lett, 237: 249-253 (2004)

2003

Bringel, F. et Hubert, J.-C. (2003). Extent of genetic lesions of the arginine and pyrimidine biosynthetic pathways in *Lactobacillus plantarum*, *L. paraplantarum*, *L. pentosus* and *L. casei* : prevalence of CO₂-dependent auxotrophs and characterization of deficient arg genes in *L. plantarum*. Appl. Environ. Microbiol. 69, 2674-2683.

de Chial, M., Ghysels, B., Beatson, S. A., Geoffroy, V., Meyer, J.-M., Pattery, T., Baysse, C., Chablain, P., Parsons, Y. N., Winstanley, C., Cordwell, S. J. et Cornelis, P. (2003). Identification of type II and type III pyoverdine receptors from *Pseudomonas aeruginosa*. Microbiology 149, 821-831.

Fernandez, D. U., Geoffroy, V., Schäfer, M., Meyer, J.-M., et Budzikiewicz, H. (2003). Structure revision of several pyoverdins produced by plant-growth promoting and plant-deleterious *Pseudomonas* species, Mon. Chem. 134, 1421-1431.

Lebrun E., Brugna M., Baymann F., Muller D., Lièvreumont D., Lett M.-C. et Nitschke W. (2003). Arsenite oxidase, an ancient bioenergetic enzyme. Mol. Biol. Evol. 20: 686-693.

Lievremont D., N'negue M -A., Behra Ph., Lett M.-C. (2003). Biological oxidation of arsenite: batch reactor experiments in presence of kutnahorite and chabazit. Chemosphere 51: 419-428 (2003)

L. Limousy, H. Mahzoul, J.F. Brilhac, P. Gilot, F. Garin, G. Maire, A study of the regeneration of fresh and aged SO_x adsorbers under reducing conditions, Applied catalysis B : Environmental, Vol 45, Issue 3, 169-179, 2003

L. Limousy, H. Mahzoul, J.F. Brillhac, P. Gilot, F. Garin, G. Maire, SO₂ sorption on fresh and aged SO_x traps, Applied catalysis B : Environmental, Vol 42, Issue 3, 237-249, 2003

Mittal, S., Meyer J.-M. et Goel R. (2003). Isolation and characterization of aluminium and copper resistant 'P' solubilizing alkalophilic bacteria. Ind. J. Biotechnol., accepté, réf ?

Muller D., Lièvreumont D., Simeonova D., Hubert J.-C. et Lett M.-C. (2003). Arsenite oxidase aox genes from a metal-resistant β -Proteobacterium. J. Bacteriol. 185: 135-141.

Nicoloff, H. et Bringel, F. (2003). ISLpl1 is a functional IS30-related insertion element in *Lactobacillus plantarum* that is also found in other lactic acid bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 69, 6032-6040.

Stourman, N. V., Rose J. H., Vuilleumier S., Armstrong R. N. (2003). Catalytic mechanism of dichloromethane dehalogenase from *Methylophilus sp.* strain DM11. Biochemistry 42: 11048-11056.

Tendeng, C., Krin E., Soutourina O. A., Marin A., Danchin A., Bertin P. (2003). A novel H-NS-like protein from an Antarctic psychrophilic bacterium reveals a crucial role for the N-terminal domain in thermal stability. J. Biol. Chem. 278: 18754-18760.

Axe 4

Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement
et Bureau d'Economie Théorique et Appliquée

Laboratoire «Cultures et Sociétés en Europe» et
Laboratoire Société, Acteurs, Gouvernement en
Europe (CRESS)

Laboratoire Image Ville Environnement

Laboratoire Société, Acteurs, Gouvernement en
Europe/ Centre de Droit de l'Environnement de
Strasbourg

Publications dans des revues à comité de lecture (ACL)

2014

M.P. Camproux-Duffrène « Les PSE ; une participation au processus de marchandisation de services écosystémiques ? », in L'agriculture et les paiements pour services environnementaux : quels questionnements juridiques, Presses Universitaires de Rennes, à paraître en 2014

2013

Belarte, B. ; Wemmert, C. ; Forestier, G. ; Grizonnet, M. ; Weber, C., 2014, Learning fuzzy rules to characterize objects of interest from remote sensing images geoscience and remote sensing symposium (IGARSS), 2013 IEEE International 21-26 JULY 2013, 2986 – 2989, Digital Object Identifier : 10.1109/IGARSS.2013.6723453

M.P. Camproux-Duffrène « De l'audace, encore de l'audace, toujours de l'audace et l'environnement serra sauvé », Commentaire avec D. Guihal de la décision de la chambre criminelle de la cour de Cassation du 25 septembre 2012 dans l'affaire Erika, RJE 2013/03, p.457

M.P. Camproux-Duffrène « « Essai de dialectique sur une responsabilité civile en cas d'atteinte à l'environnement », in Pour un droit économique de l'environnement, Mélanges G Martin, éd. Frison Roche 2013, p. 105

Destandau, F., Imfeld G., Rozan A., 2013, "Regulation of diffuse pesticide pollution: Combining point source reduction and mitigation in stormwater wetland (Rouffach, France)", /Ecological Engineering /10, 299-308.

Eleuterio J., Hattemer C., Rozan A., 2013, "A systemic method to evaluate potential impacts of floods on network infrastructures", Natural Hazard and Earth Science Systems, sous presse

Méchin C. Stratégies et rôle des agriculteurs en Alsace concernant le Hamster Commun (*Cricetus cricetus*). Courrier de l'Environnement (INRA), septembre 2013.

Sabel C., Bard D., Kihal W., Weber C., 2013, Creation of synthetic homogeneous neighborhoods using zone design algorithms to explore relationships between asthma and deprivation in Strasbourg, France. Social Science and

Medicine. Social Science & Medicine (2012), 1e12 <http://dx.doi.org/10.1016/j.socscimed.2012.11.018>

Schmitt L., Bravard J.P., Rey F., 2013. Chapitre 2.6. Maîtriser les évolutions du lit des cours d'eau (incision, atterrissement, etc.) et mieux gérer les formes fluviales. In. Chocat B. (Ed.), Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques. Pourquoi ? Comment ? ASTEE, 84-93.

Schmitt L., Chocat B., 2013. Introduction au chapitre 2. Les dimensions de la gestion des hydrosystèmes. In. Chocat B. (Ed.), Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques. Pourquoi ? Comment ? ASTEE, 32-37.

Selmi W., Weber C., Mehdi L. (2013). Multifonctionnalité des espaces végétalisés urbains, revue « Vertigo ». URL : <http://vertigo.revues.org/14133>

2012

Bchir M., Rozan A., M. Willinger, 2012, «Does higher trust induce larger performance: an experimental investigation», *Economics Bulletin*, 32 (3), 1873-1877

Marie-Pierre Camproux, Véronique Jaworski et Jochen Sohnle. La loi française versus le droit maritime international dans l'arrêt Erika de la chambre criminelle de la Cour de cassation du 25 septembre 2012 : la victoire du droit de l'environnement », revue *Droit de l'environnement*, n° 207 - Décembre 2012 page 371

M.P. Camproux-Duffrène « Entre environnement per se et environnement pour soi ; la responsabilité civile pour atteintes à l'environnement », *Env et DD* 2012, n°12, Etude n° 14 p. 13

M.P. Camproux-Duffrène et M. Lucas, « L'ombre portée sur l'avenir de la trame verte et bleue : de quelques réflexions juridiques », *Développement durable & territoires*, Vol. 3, n°2 | Juillet 2012

M.P. Camproux-Duffrène « Pour l'inscription dans le Code civil d'une responsabilité civile environnementale », n° spéc. *Env. et DD* juillet 2012 p. 39

Méchin C. 2012, « La manipulation des espèces animales. Réflexion anthropologique sur la qualification du sauvage » *Economie rurale*, 327-328, pp. 143-151.

Méchin C. « Une fable moderne : la cigogne et le hamster en Alsace » in Dalla Bernardina S. (dir.) *L'appel du sauvage*, Rennes, Presses Universitaires, 2012, pp. 147-157.

Wintz M. et Dersé F., 2012, « La perception des friches dans les Vosges du Nord : entre nature abandonnée et nature « déjà là » », in *Annales scientifiques de la réserve de Biosphère transfrontalière Vosges du Nord – Pfälzerwald*, T. 16, 2011-2012, PNRVN, pp. 214-235

2011

Afif M. et S. Spaeter, 2011, " Adverse Selection, (Non Tradable) Emission Permits and Optimal Price Differentiation", *Annals of Economics and Statistics*, vol. 103/104, 93-106.

M.-P. Camproux-Duffrène, M. Lucas, « La trame verte et bleue : un flou juridique à apprécier localement », *Revue d'Allemagne*, n° spéc. «Biodiversité et société dans le Rhin supérieur » 2012 T. 43, 4-2011, p. 519-530

Dumax N., Rozan A., 2011, «Using an adapted HEP to assess environmental cost», *Ecological Economics*, 72, 53-59

Hentatl J., Mnaouai, Hamouda A., Weber C. 2011 Measuring rectangularity using GR-signature. *Advances in Pattern Recognition/ LNCS6718/MCPR2011*. In Edwinn Hancock, Jesus Ariel Carrasco-IOchoa, Jose Fco Martinez-Trinidad.

Méchin Colette. « La réintroduction des espèces. Réflexion anthropologique sur la qualification du sauvage » *Economie rurale* juin 2011

Méchin C. 2011, « Une espèce protégée qui dérange : le Hamster commun (*Cricetus cricetus* L.) en Alsace », *Anthropozoologica*, 46-1, pp. 127-139.

Naouai M., Hamouda A., Akkari A., Weber C. 2011 New Approach for Road Extraction from High Resolution Remotely Sensed Images Using the Quaternionic Wavelet. J. Vitri`a, J.M. Sanches, and M. Hernandez (Eds.): *IbPRIA 2011, LNCS 6669*, pp. 452–459, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg

Sueur C., Salze P., Weber C., Petit O. 2011. Land use in semi-free ranging Tonkean macaques *Macaca tonkeana* depends on environmental conditions: A geographical information system approach, *Current Zoology*, 57, 1, pp. 1-17

Wania A., Bruse M., Blond N. Weber C. 2011. Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations, *Journal of Environmental Management*. JEMA-D-10-01462R1

Wintz M., 2011, « Le grand cormoran, révélateur de l'enchevêtrement des dynamiques naturelles et sociales dans l'espace rhénan », in *Revue d'Allemagne*, T. 43, n° 4, pp. 565-586

2010

M.-P. Camproux Duffrène « Le contentieux de la réparation civile des atteintes à l'environnement après la loi du 1er août 2008 sur la responsabilité environnementale », *Revue Lamy Droit civil, Perspectives Etudes*, mai 2010, n°71 p. 57

Cochard F., Rozan A., 2010, "Taxe ambiante : un outil adapté à la lutte contre les coulées de boue ? Une étude expérimentale", *Revue d'études en agriculture et en environnement* , 91(3), 296-326.

Destandau F., Nafi A. (2010): « What is the best distribution for pollution abatement efforts ? Information for optimizing the WFD Programs of measures », *Environmental and Resource Economics*, 46 (3), pp. 337-358.

Kurtz C., Passat N., Gancarski P., Puissant A. n2010. Multiresolution region-based clustering for urban analysis, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 31, n°22, pp. 5941-5973

Muller-Curzydlo Alexia, « L'animal protégé par le droit de l'environnement », in « L'animal », colloque Strasbourg, éd. PUS, 2010

Ohresser C., Piquette E., Gartiser N. et Wintz M., 2010, «Processus multi-acteurs de construction d'une éthique environnementale : le cas du système fluvial rhénan.», *VertigO* , Vol. 10, N° 1, avril 2010, mis en ligne le 07 avril 2010.

2009

Camproux-Duffrène Marie-Pierre, « La protection de la biodiversité via le statut de res communis », *Revue Lamy droit civil*, janvier 2009, *Perspectives*, p. 68-74

Camproux-Duffrène Marie-Pierre, « Vente d'un terrain pollué et obligations d'information ; vers un adoucissement de la situation du vendeur d'un terrain en état de friche industrielle », *Commentaire de l'arrêt de la 3ème chambre civile de la Cour de cassation du 10 septembre 2008*, *Bulletin du droit de l'environnement industriel (BDEI) 2009*, p. 5

Camproux-Duffrène Marie-Pierre, « La création d'un marché d'unités de biodiversité est-elle possible ? », intervention lors de la journée d'étude organisée par le CDES sur « La réparation du dommage écologique après la décision du TGI de Paris dans l'affaire Erika » le 20 juin 2008 à Strasbourg, Actes publiés in *RJE 1/2009*, p. 69

Camproux-Duffrène Marie-Pierre, Curzydlo Alexia, *Chronique tous les deux ans de « Droit privé de l'environnement – Civil et commercial »*, en collaboration avec Alexia Curzydlo, *RJE 1/2007* et *RJE 2/2009*

Cochard F., Spaeter S., Verchère A. et Willinger M., 2009, « Pollution diffuse aux nitrates et incitations économiques », *Revue Française d'Economie* 24(1), 71-120.

Glatron Sandrine, Beck Elise (2008), Evaluation of socio spatial vulnerability of citydwellers and analysis of risk perception : industrial and seismic risks in Mulhouse, *NHESS (Natural hazards and Earth system sciences)*, 8, 1029-1040.

Heitz, C., Spaeter, S., Auzet, A-V, Glatron, S., 2009. Local stakeholders' perception of muddy flood risk and implications for management approaches: A case study in Alsace (France). *Land Use Policy*, 26 (2). 443-451.

Jaworski Véronique, « L'état du droit pénal de l'environnement français : entre forces et faiblesses », in *Les Cahiers de Droit* 889, vol. 50, n° 3-4, « Dérives et évolutions du droit pénal », *Faculté de droit/Université Laval*, sept.-déc. 2009, p. 889-917

Jaworski Véronique, « L'Union européenne et la protection pénale de l'environnement », note sous directive 2008/99/CE du 19 novembre 2008, *Revue Environnement* 2009, p. 23-25

M. Lucas, « La compensation environnementale, un mécanisme inefficace à améliorer », *Revue Juridique de l'Environnement*, mars 2009, p. 59-68.

Nafi A., Destandau F., (2009) : « Programmes de mesures de la Directive Cadre sur l'eau : doit-on discriminer l'effort de dépollution ? », *Revue d'Economie Politique*, 119(1), pp. 96-118.

Nafi A., Destandau F., (2009) : « Programmes de mesures de la Directive Cadre sur l'eau : doit-on discriminer l'effort de dépollution ? », Revue d'Economie Politique, 119(1), pp. 96-118.

Wemmert C., Puissant A., Forestier G., Gancarski P. 2009 Multiresolution remote sensing image clustering», IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 6, 3, pp. 533-537

Wintz M., 2009. «La nature quotidienne, entre exploitation et contemplation», in Collectif, Humanité et biodiversité, Descartes et Cie, Ligue ROC, Paris, pp. 39-52

Wintz M. et Piquette E., 2009, « L'eau : ressource unique et gestion éclatée. Le cas révélateur d'une pollution accidentelle en Alsace », Economie rurale, n°310 – mars-avril 2009, pp. 74-91.

2008

M.-P. Camproux-Duffrène « Plaidoyer civiliste pour une meilleure protection de la biodiversité ; la reconnaissance d'un statut juridique du règne animal », RIEJ (Revue Interdisciplinaire d'Etudes Juridiques dirigée par F. Ost) 2008, p. 1 à 28, Revue belge

Camproux-Duffrène Marie-Pierre, « Plaidoyer civiliste pour une meilleure protection de la biodiversité ; la reconnaissance d'un statut juridique protecteur du règne animal », Revue interdisciplinaire d'études juridiques 2008/60, p. 1

Cornu-Thénard Emilie, « La réparation du dommage environnemental : Etude comparative de la directive 2004/35/CE du 21 avril 2004 sur la responsabilité environnementale et de l'US Oil Pollution Act », RJE, 2/2008, p. 175

Destandau F., Rozan A., 2008, « Enseignements de la théorie économique pour répondre à l'enjeu de la dérogation dans la directive cadre », Ingenieries – E.A.T., n°55-56, 3-12.

Eleuterio J., Payraudau S., Rozan A., 2008, « Sensibilité de l'évaluation des dommages associés aux inondations en fonction de la caractéristique de la vulnérabilité des bâtiments, Ingenieries E.A.T., n°55-56, 29-44.

Glatron Sandrine, Beck Elise (2008). - Evaluation of socio spatial vulnerability of citydwellers and analysis of risk perception : industrial and seismic risks in Mulhouse, NHESS (Natural hazards and Earth system sciences), 8, 1029-1040.

Heitz C, Spaeter S., Glatron S. et A.-V. Auzet, 2008, « Perception of risk of natural disasters related to muddy flows by local actors of peri urban territories», Land Use Policy, 26(2), 443-451.

Robin S., Rozan A., Ruffieux B., 2008, "Mesurer les préférences du consommateur pour orienter les décisions des pouvoirs publics : l'apport de la méthode expérimentale", Economie et Prévision, vol. 1, 113-127.

Schnitzler A, Génot J-C, Wintz M, & Hale B-W, 2008, "Naturalness and Conservation in France", Journal of Agricultural and Environmental Ethics, vol. 21, No. 5 (2008), pp. 423-436

2007

Belier S., «De la nécessité de préserver l'habitat d'une espèce protégée : l'arrêté de protection de biotope a-t-il fait ses preuves ?, in « La protection de la nature, 30 ans après la loi du 10 juillet 1976 », Presses universitaires de Strasbourg 2007

Camproux Duffrene M.-P et Curzydlo A., «Chronique de Droit privé de l'environnement – Civil et commercial », RJE 1/2007

Camproux Duffrene M.-P, «La recherche d'un statut de l'animal» ; in «30 ans de protection de la nature : 30ème anniversaire de la loi du 10 juillet 1976», PUS 2007

Durousseau M., « La régionalisation des réserves naturelles : la décentralisation de la protection de la nature », in « La protection de la nature, 30 ans après la loi du 10 juillet 1976 », Presses universitaires de Strasbourg 2007

Jaworsky V. , «La protection pénale des milieux et des espèces», in « La protection de la nature, 30 ans après la loi du 10 juillet 1976 », Presses universitaires de Strasbourg 2007

Méchin, Colette. 2007. « La gestion de l'espace rural et périurbain et les enjeux de sauvetage d'une espèce protégée. La situation du hamster commun (Cricetus cricetus L.) en Alsace », in Bessière C., Dolby E., Jacquet et al. (coord.) Les mondes ruraux à l'épreuve des sciences sociales. Dijon, INRA – MSH Dijon. pp. 373 – 385.

2005

Cochard F., Willinger M., Xepapadeas A., 2005. Efficiency of Nonpoint Source Pollution Instruments: An Experimental Study, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 30, pp. 393-422.

Glatron S., Thibault Ch. 2005. Mesurer les risques technologiques liés aux établissements industriels et au transport de matière dangereuse en milieu urbain : méthodologie comparative. In *Système d'information géographique et gestion des risques*, Isted / MEDD / Drast / Cnig / Afigéo, janvier 2005, pp. 32-35

Maquaire O, Weber C., Puissant A., Malet J-P. 2005 Building landslide potential damage maps at a 1:10,000 scale: a tentative approach with a semi-quantitative procedure. *Landslides*, Special Issue, Corominas & Bonnard (Eds).

Méchin, Colette & Wintz, Maurice, 2005, *Enjeux sociaux, politiques et culturels de la présence du grand Cormoran (Phalacrocorax carbo L.) dans le bassin rhénan et la zone des étangs lorrains. Du statut d'oiseau migrateur à celui d'espèce invasive pérenne*, Paris – Strasbourg, Université Marc Bloch, Strasbourg.

Puissant A., Hirsch J., Weber C. 2005 The utility of texture analysis to improve per pixel classification for high spatial resolution imagery. *International Journal of remote Sensing*, vol. 26, n°4, pp. 733-745.

Schmitt A. et S. Spaeter, 2005, « Improving the Prevention of Environmental Risks with Convertible Bonds », *Journal of Environmental Economics and Management* 50(3), 637-657.

2004

Glatron S. 2004 Le citoyen et le politique dans la gestion urbaine des risques majeurs. *Ecologie et politique*, n°29/2004, pp. 85-98.

Rozan A., 2004, "Benefit Transfer : A comparison of WTP for Air Quality between France and Germany", *Environmental and Resource Economics*, 29, 295-306.

Spaeter S., 2004, « L'incidence des régimes de responsabilité environnementale sur les comportements de prévention et d'assurance des firmes », *Revue Économique* 55(2), 227-245.

Spaeter S. et A. Verchère, 2004, « Politiques d'audit optimales dans le cadre de la pollution agricole de l'eau », *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales* 71, 5-35.

Wintz, Maurice, 2004, « Les associations d'environnement : entre militantisme et institutionnalisation », *Revue Sociologies pratiques*, Paris, n°9/2004, pp. 147-168

2003

Dionne G. et S. Spaeter, 2003, « Environmental Risk and Extended Liability : The Case of Green Technologies », *Journal of Public Economics* 87, 1025-1060

Publications dans des actes de congrès à comité de lecture

M.-P. Camproux Duffrène « Les modalités de réparation du dommage; les apports de la responsabilité environnementale », intervention lors du colloque sur « La responsabilité environnementale : prévention, imputation, réparation » des 27 et 28 novembre 2008 au Mans, Actes publiés in Dalloz, Actes, 2009 sous la dir. de C. Cans, p. 113

Loye, A., Jaboyedoff, M., Mathys, N., Travelletti, J., Malet, J.-P., Villemin, T. (submitted 2010). Detritic sediment budgets and monitoring of erosion processes in the Roubine experimental catchment - ORE Draix - using high resolution terrestrial laser scanner (LiDAR). European Geosciences Union (EGU), General Assembly, 2-7 May 2010, Vienna,

Puissant A., Zhang W., Skupinski G., 2012, Urban morphology analysis by high and very high spatial resolution remote sensing, GEOBIA 2012, 7-9 May 2012, Brazil, 6 p.

Stumpf, A., Kerle, N., Puissant, A., Lachiche, N., "Adaptive sampling and object-feature selection for landslide mapping using Random Forests", Fourth international conference on Geographic Object-Based Image Analysis, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 6. 2012.

Stumpf A., Kerle N., Puissant A., Lachiche N., Malet J-P., 2012, Adaptive spatial sampling with Active Random Forest for object-oriented landslide mapping, IGARSS 2012, 22-27 July 2012, Munich, 6p.

Méchin, Colette. 2005. « For an ethnological approach of the common hamster in Europe » In Losinger, Isabelle (ed.) The Common Hamster *Cricetus cricetus* L. 1758. Hamster biology and ecology, policy and management of hamsters and their biotope. 12th meeting of the International hamsterworkgroup. October, 16th -18th 2004 – Strasbourg. Paris, ONCFS, pp. 86-92.

Ouvrages et revues

Ouvrage collectif: environnement et marché dir.sc M.P. Camproux-Duffrène et Jochen Sohlé , éditions Bruylant à paraître an juin 2014

Mehdi L., Kohler M., Blond N., Clappier A., Weber C., (2013). Interactions entre végétation et climat urbain, Chapitre 8. Livre : « Trames Vertes Urbaines : de la recherche scientifique au projet urbain ». Clergeau Ph. & Blanc N. Coord, 154-167.

Weber C & Mehdi L. (2013). Ecosystem Services Provided by Urban Vegetation: A Literature Review; in Springer book. , ISBN 978 94 007 7755 2

C. Weber, 2013, La ville, un nouveau biome, Territoires et nouveaux biomes. Ed CNRS 118-119; In book: Le développement durable à découvert, Edition: Ed. CNRS collection : A découvert, Chapter: Territoires et nouveaux biomes, Publisher: CNRS, Editors: Agathe Euzen, Laurence Eymard, Françoise Gaill, pp.118-119

Bchir M., Rozan A., M. Willinger, 2012, «Does higher trust induce larger performance: an experimental investigation», *Economics Bulletin*, 32 (3), 1873-1877

Méchin C. (dir. Scientifique) La biodiversité dans les plaines loessiques d'Alsace. Rapport final du contrat de recherche LU – FRB, Strasbourg, mars 2012. 72 p.

Blanc Nathalie, Waldvogel Carole, Glatron Sandrine, 2011, Le développement urbain durable au prisme des politiques urbaines de prévention de la pollution atmosphérique : quelle place pour le citoyen aujourd'hui ? In : G. Pinson, Vincent Beal, Mario Gauthier, Le développement durable changera-t-il la ville ? Le regard des sciences sociales, collection Dynamiques Métropolitaines (461 p.), ISBN 978-2-86272-592 Presses universitaires de Saint-Etienne, p. 299-314

Cochard F., Rozan A., 2010, "Taxe ambiante : un outil adapté à la lutte contre les coulées de boue ? Une étude expérimentale", *Revue d'études en agriculture et en environnement* , 91(3), 296-326.

M. Lucas « Biodiversité : les entreprises et les scientifiques dialoguent », *Compte rendu de journée (Paris, 18 novembre 2008)*, Nathalie Dumax et Marthe Lucas, *Natures Sciences Sociétés*, Vol. 18 n°1, janvier-mars 2010, p. 64.

Waldvogel Carole, Glatron Sandrine, 2010, L'information sur la qualité de l'air : un instrument au défi de la pluralité des logiques de mobilité urbaine. In Mailliefert Muriel, Petit Olivier, Rousseau Sandrine (dir.), Zuideau (préface) Ressources, patrimoine, territoires et développement durable, Bruxelles, Bern, Berlin, Frankfurt am Main, New York, Oxford, Wien, Peter Lang, 281 p. ISBN 978—90-5201-648-1 br, p. 157-176.

«Les atteintes à l'environnement en Alsace : analyse juridique de la compensation et de la réparation» (2009), *Rapport d'étude rédigé par Caroline Thinus sous la direction de Marthe Lucas, suivi par M.-P. Camproux-Duffrène, avec le soutien de REALISE*

Méchin Colette & Schaal Benoist. *Sagesses vosgiennes, Les savoirs naturalistes dans la vallée de la Plaine*. Paris, L'Harmattan, 297 p.

Wintz M., 2009. «La nature quotidienne, entre exploitation et contemplation», in Collectif, *Humanité et biodiversité*, Descartes et Cie, Ligue ROC, Paris, pp. 39-52

Payraudeau S., Glatron S., Rozan A., Eleuterio J., Auzet A.-V., Weber C., Liebault F., 2008, "Inondation en espace péri-urbain : convoquer un éventail de disciplines pour analyser l'aléa et la vulnérabilité de la Basse-Bruche (alsace), in *Vulnérabilité sociétales, risques et environnement*. Comprendre et évaluer, L'Harmattan éditions, pp. 257-269.

Waldvogel Carole, Glatron Sandrine (2008) – L'information sur la qualité de l'air à Strasbourg au regard des représentations de ses habitants. In : Hamman Philippe (Dir.), *Penser le développement durable urbain : regards croisés*, L'Harmattan, collection « Logiques sociales », pp. 219-241. ISBN 978-2-296-06361-7.

Blanc Nathalie, Cohen Marianne, Glatron Sandrine, 2007. Quel rôle jouent les paysages végétaux dans les politiques urbaines ? What role does plant landscape play in urban policy? in Terrasson Daniel, Luginbühl Yves, Berlan-Darque Martine (eds), *Paysages : de la connaissance à l'action* et «Landscapes: from knowledge to action, éditions QUAE, INRA, pp. 83-98.

Blanc N., Cohen M., Glatron S., Gresillon L. 2005. Appréhender la ville comme (mi)lieu de vie. L'apport d'un dispositif interdisciplinaire de recherche. In Mathieu N., Guermond Y. (dir.), La ville durable, du politique au scientifique. Collection Indisciplines, INRA Editions, septembre 2005, 286 p.

«Les perspectives de transposition en droit français des textes communautaires en matière de responsabilité des entreprises» (2007), rapport du contrat de recherche du CDES, sous la responsabilité scientifique de Marie Pierre Camproux-Duffrene et de Véronique Jaworski, en partenariat avec la Région Alsace, la Chambre de commerce et d'industrie de Strasbourg et du Bas-Rhin, l'Union des industries du Bas-Rhin, Alsace nature et REALISE.

Puissant A., Weber C. 2004 Vers une démarche «objets-attributs» pour extraire les objets urbains sur des images THR. Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection, n°173/174, pp. 123-134.

Glatron S. 2004. Mesurer les risques technologiques liés aux établissements industriels et au transport de matière dangereuse en milieu urbain : méthodologie comparative. ISTED publication, 2 p Puissant A., Hirsch J. 2004 Télédétection urbaine et résolution spatiale optimale. Intérêt pour les utilisateurs et aide pour les classifications. Revue Internationale de Géomatique, vol. 14/3, pp. 403-415.

Wintz, Maurice, 2004, « Die französische Strategie zur Erhaltung der Biodiversität aus der Sicht der Naturschutzverbänden », OTT, Jürgen (Hrsg.), Biodiversität im Biosphärenreservat Pfälzerwald – Status und Perspektiven, BUND Rheinland-Pfalz e. V., Mainz, pp. 359-364

Glatron S. 2003 Faut-il délocaliser les industries dangereuses situées en tissu urbain dense ? Les cahiers de l'IAURIF, n° 138, 3ème trimestre 2003, pp. 130-131.

Glatron S. 2003. Culture des risques, pp. 71-87., in Les risques, collection Questions de géographie, Editions du Temps, Nantes, ouvrage coordonné par Moriniaux V.

Puissant A., Weber C. 2003 Les images à Très haute Résolution Spatiale : une source d'information géographique en milieu urbain ? État des lieux et perspectives, Espace Géographique. Vol. 4.

