

## **Demande de soutien de programme**

**Titre** ☐ **Origine et dynamique de la contamination par les métaux et les métalloïdes dans les systèmes hydrologiques Méditerranéens**

**Porteur du projet** ☐ **Françoise Elbaz-Poulichet, UMR Hydrosociences**

**Equipes participantes** ☐

- LGEI, Ecole des Mines d'Alès
- UMR HYDROSCIENCES, CNRS, Universités Montpellier I&II, IR
- UMR LISAH, AgroM-INRA-IRD

### **I. Objectifs**

Les métaux et les métalloïdes sont présents à l'état de trace dans la croûte terrestre. Leur occurrence dans les eaux naturelles résulte de processus naturels (érosion et altération, émissions volcaniques, diffusion d'aérosols à partir des sols et de l'eau de mer) et de l'activité humaine. Cette dernière est aujourd'hui considérée comme la principale source de contamination des eaux par les métaux et les métalloïdes. L'importance relative des sources de contamination anthropique (industrielle, domestique, ou agricole) est variable selon l'élément considéré et l'occupation des sols sur le bassin versant.

Jusqu'aux années 1980-1990, les techniques ultrarapides étaient rarement mises en œuvre lors du prélèvement des échantillons d'eau, leur prétraitement et leur analyse (Shiller, 1985; Benoit, 1994). Ceci a conduit à l'invalidation de la plupart des données de métaux en solution obtenues dans le cadre de réseaux d'observation. Malgré des progrès, l'origine des métaux et métalloïdes et les processus qui contrôlent la dynamique de ces polluants dans les fleuves sont mal documentés faute de données fiables pour la phase dissoute (Zwolsman et al., 1997 ☐ Coquerie et al., 2004). Lorsque de telles données existent, elles nécessitent une réactualisation si l'on veut être capable d'évaluer par exemple les impacts des réglementations plus contraignantes pour les rejets, ou ceux des modifications de l'occupation des sols.

Dans les bassins Méditerranéens, les séries de données publiées pour les métaux dissous concernent principalement les grands fleuves (Rhône, Po) qui ne peuvent pas être considérés comme des hydrosystèmes Méditerranéens sensu stricto même s'ils subissent des influences Méditerranéennes dans leur partie la plus en aval. Les données publiées sont quasi inexistantes sur les petits et moyens bassins versants Méditerranéens.

**L'objectif de ce projet est**

- 1) **D'évaluer l'importance relative des sources de métaux et métalloïdes que représentent la viticulture (application de Cu, As et autres pesticides à base de métaux), l'exploitation minière et les usages domestiques.**
- 2) **De comprendre les processus couplés biologiques, géochimiques et hydrologiques qui régulent les concentrations dans les eaux**

### **II. Présentation des sites**

#### **II.1. Le bassin de l'Hérault**

Le bassin versant de l'Hérault (Fig.1) occupe une superficie de 2550km<sup>2</sup>. Il comprend, le fleuve Hérault (150 km de long) et ses 10 affluents. Ce bassin qui fournit 24,2 millions de

m<sup>3</sup> d'eau potable annuellement est soumis à une forte pression anthropique (urbanisation importante, viticulture intensive, drainage minier) qui a pour conséquence des rejets susceptibles de contenir des métaux et de l'arsenic. Des minéralisations sont présentes dans la partie Malines (Pb-Zn) et Lodève (U) (Petelet, 1998).



Figure 1 Carte du bassin versant de l'Hérault avec ses principaux affluents.

Sur l'ensemble du bassin, les apports annuels d'effluents de station de traitement des eaux (STP) sont estimés à  $5.7 \cdot 10^{10}$  m<sup>3</sup>. Il s'agit essentiellement d'effluents d'origine domestique.

Dans la zone aval qui est le siège d'une viticulture intensive, les apports de métaux (Cu, Zn, Mn) et arsenic utilisés pendant des décennies comme pesticides se superposent aux apports domestiques et miniers malgré un certain déclin des surfaces plantées en vigne et l'interdiction de certains composés notamment ceux à base d'arsenic en 2002.

Sur le bassin de l'Hérault, les données de métaux disponibles dans les bases de données de l'Agence de l'Eau (SEQ-eau) concernent uniquement la phase particulaire.

En ce qui concerne la littérature scientifique, les données publiées à l'échelle du bassin versant concernent le Pb (Petelet *et al.*, 1998 ; Petelet-Giraud *et al.*, 2004). Elles montrent que la mine des Malines (Fig.1) constitue la source principale pour cet élément. Sur le bassin de Roujan (Bassin versant de la Peyne), siège d'une viticulture intensive, Ribolzi *et al.* (2001) ont mis en évidence l'impact important de l'utilisation de fongicides à base de Cu sur la qualité des matières en suspension. A une échelle supérieure (bassin versant de la Peyne),

Elbaz-Poulichet *et al.*, (2003) ont mis en évidence un apport accru de Cu et As dans la phase dissoute lors d'épisodes de crue en liaison avec leur utilisation pour le traitement de la vigne.

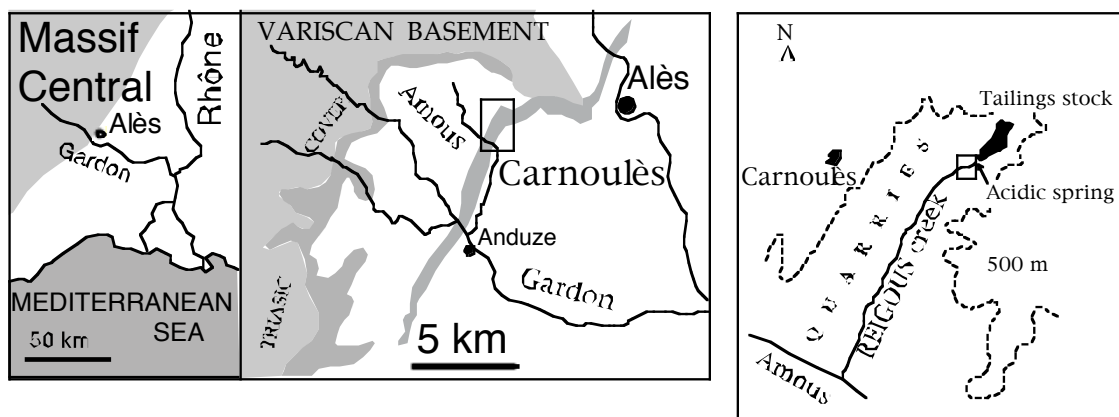
Outre ces études, Hydrosociences et le LISAH ont des données non encore publiées, qui nécessitent des compléments pour pouvoir l'être.

Par exemple depuis deux ans, l'impact des rejets de STEP sur la qualité des eaux dans le bassin de l'Hérault est étudié au sein de l'UMR Hydrosociences (thèse de M. Rabiet, MERT-CG34). L'approche mise en oeuvre dans le cadre de cette étude couple des suivis spatiaux et temporels des concentrations en éléments majeurs, métaux lourds, médicaments dans le fleuve Hérault, ses affluents, les captages destinés à la production d'eau potable et les effluents de STEP.

Depuis 1995, l'UMR LISAH a entrepris sur plusieurs cycles annuels successifs le suivi du transport de Cu, Zn et As dans les eaux d'écoulement à l'échelle de parcelles agricoles, du bassin versant de Roujan.

## II.2. Le ruisseau du Reigous

Le second site sélectionné pour cette étude est le ruisseau du Reigous (Gard) (Fig.2). A l'amont du système, les stériles de l'ancienne mine de Pb-Zn, génèrent des eaux acides, riches en métaux (Pb, Cd, Cu, Zn, Fe) et As. Deux kilomètres après sa source, le ruisseau acide (Le Reigous) se jette dans la rivière Amous. En aval de cette confluence, l'écosystème est perturbé sur plusieurs kilomètres.



Les cours d'eau affectés par des drainages de mines abondent sur le pourtour Méditerranéen où les dépôts de polysulfures métalliques sont nombreux et ont été intensivement exploités souvent depuis l'antiquité jusqu'à la période actuelle (Leblanc *et al.*, 2000). Le ruisseau du Reigous constitue un site laboratoire d'Hydrosociences. Il fait depuis plus de 10 ans l'objet de suivis biogéochimiques dans le cadre de programmes nationaux (GEOMEX, ACI-Ecologie Quantitative, PEVS, ATIP-jeune chercheur) et internationaux (Projet Européen Pyramid). Un équipement important (17 piézomètres, centrale d'acquisition pour la mesure des débits et des paramètres physico-chimiques) a été installé par le laboratoire Hydrosociences dans la partie amont. Son étude a permis de comprendre des mécanismes couplés chimie-biologie qui contrôlent le transfert de l'arsenic dans les premiers mètres du Reigous et d'identifier un certain nombre de bactéries notamment des *Thiomonas Ynys* qui utilisent l'As pour leur métabolisme (Morin *et al.*, 2003 ; Casiot *et al.*, 2003, Bruneel *et al.*, 2003, Duquesne *et al.*, 2003).

Ce ruisseau a été retenu pour ce projet car il est soumis uniquement aux apports miniers ce qui n'est pas le cas de la rivière Vis dans le bassin de l'Hérault. D'autre part, le site

de Carnoulès est mieux équipé que le site de la mine des Malines pour étudier la dynamique des métaux et arsenic dans les zones minières.

### **III. Méthologie**

#### **III.1. Echelles d'étude**

L'étude des processus de transferts sera réalisée à l'échelle d'un petit bassin versant: celui de Roujan (surface: 92 ha) pour les apports liés à l'agriculture, celui du Reigous (2 km<sup>2</sup>) pour les apports miniers. Cette taille nous paraît être la plus appropriée.

L'étude de l'origine des contaminants sera effectuée à l'échelle du bassin de l'Hérault. Bien qu'il soit prévu d'utiliser les bases de données existantes, la durée de ce projet ne nous permettra pas d'aboutir à une déconvolution complète des flux de métaux et arsenic pour le bassin versant de l'Hérault. Néanmoins, à partir de l'analyse détaillée des flux sortants des deux bassins versant, représentatifs de deux types de contamination des eaux et des flux liés aux apports des stations d'épuration (thèse de M. Rabiet en cours), nous espérons parvenir à une première évaluation qualitative de l'importance relative des différentes sources de contamination en métaux et métalloïdes à l'échelle du bassin versant de l'Hérault.

#### **III.2. Campagnes d'échantillonnage et suivis**

##### **- Fleuve Hérault et affluents (Hydrosciences)**

Les apports en éléments traces métalliques issus de la mine des Malines et du district minier de Lodève seront déterminés en choisissant 2 stations sur la Vis et sur la Lergue, au plus près des mines et en amont de la confluence avec l'Hérault ainsi que 2 autres stations sur l'Hérault en amont (station de référence) et en aval de la confluence avec la Vis et la Lergue. Une station à l'exutoire du bassin de l'Hérault (Florensac) sera également suivie afin d'estimer la contribution respective des mines et des apports agricoles du bassin de Roujan.

Les principaux paramètres physicochimiques (Température, pH, oxygène dissous) des eaux seront déterminés. Les concentrations totales en métaux (Fe, Al, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Cd, Mo, Pb, Zn, Sn, Tl) et métalloïdes (As) dans la phase dissoute (<0.22µm) et les matières en suspension seront mesurées par ICP-MS, absorption atomique (Fe, Al) et Génération d'Hydrures-Spectrométrie de Fluorescence Atomique (HG-AFS) (As). Les formes spécifiques de l'arsenic (arsenic inorganique +III et +V et arsenic organique), susceptibles de nous renseigner sur la toxicité potentielle des eaux, seront dosées par couplage Chromatographie Liquide Haute Performance (HPLC)-HG-AFS.

Afin d'avoir accès à des conditions de débit, d'oxygénation et de production biologique contrastées, trois campagnes (étiage d'hiver, crue de printemps et étiage d'été) seront effectuées dans l'année.

##### **- Roujan (contribution LISAH, Hydrosciences)**

Le dispositif d'échantillonnage s'appuie sur celui de l'Observatoire de Recherche en Environnement OMERE. Par rapport aux bases de données déjà existantes sur le site, il a pour objectif de compléter l'observation de la contamination des eaux de surface par le suivi de la contamination des eaux souterraines et le suivi de la propagation de la contamination à différentes échelles d'observation intermédiaire entre la parcelle et l'exutoire. Il comprend un ensemble de sept stations de mesure de débit et de prélèvement automatisée et un réseau de 21 piézomètres et dispositifs de prélèvement manuel par boîtes enterrées associés.

Les principaux paramètres physico-chimiques (Température, pH, oxygène dissous) des eaux seront déterminés. Les concentrations totales en métaux (Fe, Al, Cu, Zn,) et métalloïdes (As) dans la phase dissoute (<0.22µm) et les matières en suspension seront mesurées

mensuellement pour les eaux souterraines et pour l'ensemble des crues pour les eaux de surface. Les formes spécifiques de l'arsenic (arsenic inorganique +III et +V et arsenic organique) seront réalisées sur un jeu d'échantillons issu du suivi.

Ces données supplémentaires permettront de mieux comprendre l'origine des flux d'éléments et leur dynamique temporelle, et donc d'estimer la dynamique globale de contamination des eaux de la zone viticole du bassin de l'Herault en fonction de la variabilité des conditions locales de milieu (sols, proportion de vigne, localisation des nappes).

#### - Carnoulès (contribution Hydrosociences, EMA)

De nombreuses données ont été acquises sur la contamination du Reigous et de l'Amous mais les études ont été focalisées principalement sur l'arsenic et le fer. Nous proposons dans le cadre de ce projet de compléter les données sur les concentrations en métaux afin de mieux connaître leur dynamique dans ce système et de permettre le calcul précis de flux.

Un suivi mensuel des concentrations en métaux (Fe, Al, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Cd, Pb, Zn, Tl) dans la phase aqueuse et la phase particulaire, des concentrations en sulfates, et des formes spécifiques de l'arsenic (As(III), As(V)) sera réalisé au niveau du piézomètre central du dépôt de déchets miniers, en 4 points sur le Reigous et en 1 point sur l'Amous situé à 1.2 km de la confluence avec le Reigous. Le suivi des populations bactériennes, susceptibles d'influencer la génération des eaux contaminées ou au contraire de contribuer à l'atténuation naturelle des métaux sera mené en parallèle afin d'établir un lien éventuel avec les variations spatiales et temporelles de la chimie des eaux.

La matière particulaire, notamment due à la précipitation des éléments métalliques initialement solubles (précipité ferrique) est le principal vecteur de la pollution dans les eaux lorsqu'on s'éloigne de la mine. Ceci est particulièrement vrai en région Méditerranéenne où les fortes pluies au printemps et en automne peuvent éroder les sédiments contaminés formés à l'amont du système. C'est pourquoi l'étude de la stabilité du précipité de sulfate-hydroxyde ferrique riche en arsenic (AsV) inclura différents essais de lixiviation statique ou dynamique des solides granulaires : précipité (Reigous) et résidus (sables pyritiques).

Les essais sur les sables ont pour but d'estimer la variabilité éventuelle du comportement du matériau face à l'oxydation et à la lixiviation et d'autre part, de constituer une référence en terme de lixiviation par rapport au précipité du Reigous.

Sur le précipité du Reigous les essais suivants seront réalisés :

- Essais de lixiviation sur échantillon brut (essais biotique, abiotique)
- Essais de prétraitement (déshydratation, calcination...), de conditions d'inertage du précipité ferrique arsénié. Etude des conditions d'une éventuelle re-solubilisation de As, Fe.

Cette étude préliminaire vise à définir les conditions éventuelles optimales pouvant permettre une gestion forcément plus "écologique" de ce type de déchet (pour lequel rien n'est fait aujourd'hui) et compatible avec les contraintes économiques les plus faibles pour en assurer un caractère durable.

### III.4. Calendrier

Année 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Campagnes de prélèvements et analyses (Malines, Hérault, Roujan, Reigous)												
Essais de lixiviation sables miniers et sédiments contaminés												

Année 2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mise en commun des données bassin de l'Hérault, calcul des flux de métaux issus des mines/du bassin agricole de Roujan et contribution respective aux flux à l'exutoire												
Valorisation des résultats, publications												

### IV. Budget

**Budget Total demandé à l'FR: 27 000 € HT**

#### **-Budget LGEI**

Le budget global pour les deux ans que dure ce projet sera pour le LGEI d'environ 25 000 HT.

L'aide budgétaire demandée correspond à **6 000 HT** ventilée de la façon suivante :

Missions:	<b>400 HT,</b>
Réalisation de pilotes, Essais : réparti selon :	<b>4 600 HT,</b>
- Réacteurs de lixiviation :	2 500
- Essais de déshydratation, inertage (liants...):	2 000
- Analyses chimiques (métaux...) :	1 000
- Fournitures	100 €

## UMR LISAH

- frais de mission (transport et per diem), inscriptions aux colloques		0
- fournitures et petits équipements de bureau		0
- fournitures et petits équipements informatiques (sauf ordinateurs)		0
- fournitures et petits équipements de laboratoire		3500
- frais d'analyses éléments majeurs+ Carbone+Métaux:		
- Matières en suspension- 60 échantillons	37euros/ech	2220
- Solutions – 366 échantillons	40 euros/ech.	14640
Total☐		20360
Contribution demandée à l'IFR :		<b>8000 €</b>
<b>Total 20 000 €</b>		

## UMR Hydrosciences

### Missions :

- consommables pour prélèvements :	500
- déplacements bassin de l'Hérault (3 campagnes/an) :	500
- déplacements Reigous (campagnes mensuelles) :	500

### Analyses chimiques :

- Eléments traces en ICP-MS	
Roujan (120 échantillons) :	2500
Malines et Hérault :	2500
Reigous :	2000
-Fe, Al en absorption atomique :	500
-Arsenic (total et spéciation) :	2000
-Analyses microbiologiques :	2000

**TOTAL :** **13000 €**

### Cofinancement:

#### **Sur le bassin de Carnoulès, les travaux d'Hydrosciences sont supportés par les 3 programmes nationaux suivant:**

- Le programme ECCODYN (ACI-FNS): Ecotoxicologie et Ecodynamique des contaminants
- Le programme GEOMEX: (INSU-CNRS):Géomicrobiologie des Environnements Extrêmes
- Un PICS (Programme International de Coopération Scientifique) France-Espagne (jumelage du site de Carnoulès et de celui du Rio Tinto)

#### **Sur le bassin de l'Hérault, Hydrosciences a bénéficié du soutien**

- du Conseil Général de l'Hérault (convention CG34-MSE) et d'une bourse MRT.

#### **Sur le site de Roujan**

- Hydrosciences est impliqué dans l'ORE-OMERE.

## Références citées

- Benoit, G., 1994. Clean techniques measurement of Pb, Ag and Cd in freshwater. A redefinition of metal pollution. *Environ. Sci. Technol.*, 28, 1987-1991.
- Coquery, M., Lepot, B., Becue, A., Morin, A., 2004. Substances prioritaires de la directive cadre européenne sur l'eau: difficultés analytiques pour la surveillance du milieu et l'application de seuil de qualité. *Techniques, Sciences et méthodes*, 11, 32-41.
- Elbaz-Poulichet, F., Seidel J.L., Devez A., Van Exter S., Casellas C., Voltz M., Andrieux P., 2003. Dynamic and origin of trace elements in a Mediterranean river (la Peyne)- Relations to lithology, discharge, and agricultural practices. *Proceedings of International Symposium on Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions, Montpellier 2003*. IAHS Publication n°278, 410-416.
- Leblanc, M., Morales, J.A., Borrego, J., Elbaz-Poulichet, F., 2000. A 4500 years old mining pollution in Spain. *Economic Geology*, 95, 655-662.
- Pételet, E., 1998. Application de la géochimie à l'étude des mouvements d'eaux à moyenne et petite échelle: les bassins versants de l'Héraults et de la Peyne (S.France). Thèse de Doctorat Université Montpellier II, 511pp.
- Pételet, E., Luck, J.M., Othman, D., Négrel, P., Aquilina, L., 1998. Geochemistry and water dynamics of a medium-sized watershed: the Hérault, southern France. 1. Organisation of the different water reservoirs as constrained by Sr isotopes, major and trace elements. *Chemical Geology* 150, 63-83.
- Ribolzi, O., Valles, V., Gomez, L. and Voltz, M. 2001. Speciation and origin of particulate copper in runoff water from a Mediterranean vineyard catchment. *Environ. Poll.*, 117, 261-271.
- Shiller, 1985. Dissolved zinc in rivers, *Nature*, 317, 49-52.
- Zwolsman, J., Van Eck, B., Van Der Weijden, C. 1997. Geochemistry of dissolved trace metals (cadmium, copper, zinc) in the Scheldt estuary, southwestern Netherlands: Impact of seasonal variability. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61, 1635-1652.
- Pételet-Giraud, E., Négrel, P., Luck, J.M., Ben Othman, D., 2004. Transport des métaux lourds sous forme particulaire et dissoute dans le bassin versant de l'Hérault : identification des origines par les isotopes du plomb. *La Houille Blanche* 2, 43-48.

## Listes des publications d'Hydrosciences en liaison avec la demande

- Elbaz-Poulichet, F., Seidel, J.L., Authoniel, C., 2002. Occurrence of an anthropogenic gadolinium anomaly in river and coastal waters of Southern France. *Wat. Res.*, 36, 1102-1105.
- Elbaz-Poulichet, F., Favreau, G., Leduc, C., Seidel, J.L., 2002. Major ion chemistry of a Sahelian aquifer (Continental Terminal Water Table, Niger). *Applied Geochemistry*, 17, 1343-1349.
- Elbaz-Poulichet, F., Seidel J.L., Devez A., Van Exter S., Casellas C., Voltz M., Andrieux P., 2003. Dynamic and origin of trace elements in a Mediterranean river (la Peyne)- Relations to lithology, discharge, and agricultural practices. *Proceedings of International Symposium on Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions, Montpellier 2003*. IAHS Publication n°278, 410-416.
- Koffi, K. ; Leblanc, M. ; Jourde, H. ; Casiot, C. ; Pistre, S. ; Gouze, P. And Elbaz-Poulichet, F., 2002. Reverse oxidation zoning at a mine tailings stock generating arsenic-rich acid waters (Carnoulès, France), *Journal of the International Mine Water Journal of the International Mine Water Association*, 22, 1, 7-14.
- Bancon-Montigny, C, Maxwell, P, Yang, L., Mester, Z, Sturgeon, R.E., 2002. Improvement of measurement precision of SPME-GC/MS determination of tributyltin using isotope dilution calibration. *Analytical Chemistry*, 74(21) : 5606-5613.
- Bancon-Montigny, C, Maxwell, P, Yang, L., Mester, Z, Sturgeon, R.E., Lam, J., 2002. Gas phase detection of tributyltin chloride arising from aqueous and solid matrices. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 17(11): 1506-1510.
- Leblanc, M., Casiot, C., Elbaz-Poulichet, F., Personne, J.C., 2003. Arsenic removal by oxidising bacteria in a heavily arsenic contaminated acid mine drainage system (Carnoules France). *Geol. Soc. London. Special publication: "Mine water hydrology, Pollution , Remediation "*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 464pp.
- Morin, G., Juillot, F., Casiot, C., Bruneel, O., Personné, J.C., Elbaz-Poulichet, F., Leblanc, M., Ildfonse, P, Calas, G., 2003, Bacterial immobilization and oxidation of arsenic in acid mine drainage (Carnoulès creek, France). XANES and XRD evidence of As(V)- or As(III)-Fe(III) gels and tooeleite. *Env. Sci. Technol.* 37, 1705-1712.
- Casiot C., Morin, G., Bruneel O., Personné, J.C., Leblanc, M., Dusquesne, C., Bonnefoy, V., Elbaz-Poulichet F., 2003. Bacterial immobilization and oxidation of arsenic in acid mine drainage (Carnoulès creek, France). Arsenic behaviour in the aqueous phase. *Water Research*, 37, 2929-2936.
- Braungardt, C., Achterberg, Elbaz-Poulichet, F., Morley, N.H., 2003. Metal biogeochemistry in an acidic mine polluted estuarine system in south-west Spain. *Applied Geochemistry*, 18, 1757-1871.

- Bruneel, O. ; Personne, J.C. ; Casiot, C. ; Leblanc, M. ; Elbaz-Poulichet, F. ; Le Fleche, A., Grimont, P.A.D, 2003. Thiomonas sp. mediated arsenic oxidation in acid mine drainage (Carnoulès creek, France), *Journal of Applied Microbiology*, 95, 492-499.
- Duquesne, K. ; Casiot, C. ; Morin, G ; Personne, C. ; Elbaz-Poulichet, F. , Leblanc, M. ; Bruneel, O., Bonnefoy, V., 2003. Immobilization of arsenite and ferric iron by *Acidithiobacillus ferrooxidans* in acid mine drainage, *Applied and Environmental Microbiology*, 69, 10, 6165-6173.
- Casiot, C., Leblanc, M., Bruneel, O., Personne, J.C., Koffi, K., Elbaz-Poulichet, F., 2003. Formation of As-rich waters within a tailings impoundment (Carnoulès, France) : *Aquatic Geochemistry*, 9, 273-290.
- Yang, L., Bancon-Montigny, C., Mester, Z., Sturgeon, R.E., Wilie, S., Boyko, V.J., 2003. Impact of  $\gamma$  Sterilization on Butyltin Homogeneity and Content in Sediments; A GC-ICP-MS Study. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 376: 85-91.
- Casiot, C., Bruneel, O., Personne, J.C., Leblanc, M., Elbaz-Poulichet, F., 2004. Arsenic oxidation and bioaccumulation by the acidophilic protozoan, *Euglena mutabilis*, in acid mine drainage (Carnoulès, France), *the Science of the Total Environment*, 320, 259-267.
- Bancon-Montigny, C., Yang, L., Mester, Z., Sturgeon, R.E., Colombina, V. 2004. High Yield Synthesis of mg Amounts of Isotopically Enriched Methylmercury ( $\text{CH}_3^{198}\text{HgCl}$ ). *Applied Organometallic Chemistry*, 18: 57-64.
- Bancon-Montigny, C., Lespes, G., Potin-Gautier, M., 2004. Organotin survey in the Adour-Garonne Basin. *Water Research*, 38(4): 933-946.
- Elbaz-Poulichet, F., 2004. Inputs by rivers. In *Chemistry of the Mediterranean Sea, Vol. 5.* (ed. A. Saliot). *Handbook of Environmental Chemistry* (ed. O. Hutzinger). Springer Verlag, sous presse.
- Casiot C, Lebrun S, Morin G, Bruneel O, Personne J .C., Elbaz-Poulichet F, 2004. Sorption and redox processes controlling arsenic fate and transport in a stream impacted by acid mine drainage. *Science of the Total Environment*, sous presse.
- Bruneel, O., Koffi , K., Casiot , C., Duran, R., Fourcans, A., Elbaz-Poulichet, F., Leblanc, M., Personne, J.C., Microbial diversity and relation with water chemistry in an As-rich tailings FEMS *Microbial Ecology*, soumis.
- Rabiet, M., Brissaud, F., Elbaz-Poulichet, F., Seidel, J.L., Pistre, S., 2004. Deciphering the presence of wastewater in a medium size Mediterranean catchment using a multitracer approach, *Applied geochemistry*, soumis.

#### **Listes des publication du LGEI en liaison avec la demande**

- Thomas O., Le Cloirec P., Degorce-Dumas J.R, Englande A.J. (2004) Issue Editors, Vol. 49, 1, Trends in sustainable production in *Water Science and Technology*,

Kilty H., Roussy J., Tobin J.M., Degorce-Dumas J.R. (2001). Acid mine water treatment : a laboratory scale study. *Biohydrometallurgy : fundamentals, technology and sustainable development, Int. Biohydrometallurgy Symposium, IBS' 2001, Ouro Preto, Brazil, sept. 16-19, Part B, 357-364, Ciminelli V.S.T. and Garcia O. ed. Elsevier*

Kilty H., Moran D., Roussy J., Tobin J.M., Drakides J.M., Degorce-Dumas J.R. (2001). Bioprecipitation of soluble As and Fe ions. *Biohydrometallurgy : fundamentals, technology and sustainable development, Int. Biohydrometallurgy Symposium, IBS' 2001, Ouro Preto, Brazil, sept. 16-19, Part B, 365-371, Ciminelli V.S.T. and Garcia O. ed. Elsevier*

Leonard P., Estrada Rendon C.M., Amara G., Roussy J., Tobin J., Degorce-Dumas J.R. (1999). Natural Attenuation study of the impact of AMD in the site of Carnoulès. *Biohydrometallurgy and the environment toward the mining of the 21<sup>st</sup> century. Proc. of the Int. Biohydrometallurgy Symposium, IBS' 99, San Lorenzo de el Escorial, Part B, 587-594, Amils R & Ballester A. Ed. Elsevier Madrid.*

Estrada Rendon CM, Amara G, Leonard P, Roussy J., Tobin J, Degorce-Dumas JR (1999) Acid mine drainage (AMD) treatment by sulphate reducing bacteria *Biohydrometallurgy and the environment toward the mining of the 21<sup>st</sup> century. Proc. of the Int. Biohydrometallurgy Symp. IBS' 99, San Lorenzo el Escorial, Part B, 577-585, Amils R & Ballester A. Ed. Elsevier, Madrid.*

#### **Liste des publications du LISAH en liaison avec la demande**

- [1] **LOUCHART, X., VOLTZ, M. & ANDRIEUX, P. 2000.** Dynamique de la mobilisation et du transfert du diuron par ruissellement in situ. *Compte-rendus à l'Académie des Science, Earth and Planetary Sciences*, 331, 474-481.
- [2] **RIBOLZI, O., ANDRIEUX, P., VALLES, V., BARIAC, T. & VOLTZ, M. 2000.** Contribution of groundwater and overland flows to storm flow generation in a cultivated Mediterranean catchment. Quantification by natural chemical tracing. *Journal of Hydrology*, **233**, 241-257.
- [3] **LOUCHART, X., VOLTZ, M., ANDRIEUX, P. & MOUSSA, R. 2001.** Herbicide transport to surface waters at field and watershed scales in a Mediterranean vineyard area. *Journal of Environmental Quality*, **30**, 982-991.
- [4] **RIBOLZI, O., VALLES, V., GOMEZ, L. & VOLTZ, M. 2001.** Speciation and origin of particulate copper in runoff water from a Mediterranean vineyard catchment. *Environmental Pollution*, 117, 261-271.
- [5] **LOUCHART, X., VOLTZ, M., COULOUMA, G. AND ANDRIEUX, P., 2004.** Oryzalin fate and transport in runoff water in Mediterranean vineyards. Sous presse dans *Chemosphère*..
- [6] **LOUCHART, X. , VOLTZ, M., LENNARTZ, B. 2004.** Sorption behaviour of diuron under Mediterranean climate . Accepté à *Agronomie*.