

Première journée de l'atelier transversal « SOLS » de l'OSUG

Vendredi 30 Mars 2012

De 8h30 à 16h30, Salle Manuel Forestini

OSUG, Domaine Universitaire, 414, rue de la piscine, Saint Martin d'Hères

Les sols sont étudiés dans les laboratoires de l'OSUG sous des angles différents. Cette journée a pour but de favoriser les échanges sur cette thématique, et de mieux connaître les équipements disponibles dans les différents laboratoires.

Thèmes abordés

1. Constituants et propriétés des sols
2. Les outils de caractérisation des sols à l'OSUG
3. Processus bio-physico-chimiques et contaminants des sols

Comité d'organisation :

Céline Duwig, Jean Martins, LTHE
Muriel Raveton, Jean-Christophe Clément, LECA
Lauric Cécillon, Irstea
Stéphane Guédron, Géraldine Sarret, ISTerre

Programme		
08.30 - 08.50		Accueil
08.50 - 09.00		Introduction
1. Constituants et propriétés des sols (Chairs: Jean-Jacques Brun, Jean Christophe Clément)		
09.00 - 09.30	Müller, K.	Conférence invitée: Does soil water repellency deteriorate the filtering function of soils?
09.30 - 09.50	Bièvre, G.	Évaluation de l'influence de la composition hydrogéochimique sur la résistance mécanique d'un glissement argileux
09.50 - 10.10	Grangeon, T.	Relations entre propriétés de sols, énergie de la pluie et taille des agrégats splashés
10.10 - 10.30	Saenger, A.	Soil organic matter characterization and stabilization in a calcareous mountain massif: a Rock-Eval pyrolysis approach
10.30 - 10.50	Tarafa, M.	Une comparaison des métatranscriptomes eucaryotes de deux sols alpins
10.50 - 11.10 Pause		
2. Les outils de caractérisation des sols à l'OSUG (Chairs: Jean Martins, Stéphane Guédron)		
11.10 - 11.30	Vince, E., Denis, H.	Caractérisation Bio-Physico-Chimique des sols: Les outils et méthodes développés au LTHE
11.30 - 11.50	Bureau, S., Tisserand D, Lanson B.	Prélèvements des eaux porales, analyses de terrain et analyses élémentaires au laboratoire (majeurs, traces et ultra-traces), modélisation des diffractogrammes de rayons X
11.50 - 12.05	De Danieli, S	Irstea - Laboratoire d'Ecologie du Sol
12.00 - 12.20	Arnoldi, C	LECA: Plateforme d'analyses environnementales
12.20 - 14.00 buffet et posters		
3. Processus bio-physico-chimiques et contaminants des sols (Chairs: Céline Duwig, Géraldine Sarret)		
14.00 - 14.30	Grimaldi, M.	Conférence invitée: Connaître la couverture pédologique pour prévoir le devenir de contaminants : Exemple du mercure dans les sols amazoniens
14.30 - 14.50	Spadini L.	Un sol, un verre, un ordinateur - ne pas oublier l'eau -
14.50 - 15.10	Martins, J.M.F.	Le mode de gestion des intrants organiques des sols à l'échelle de la parcelle contrôle la distribution, la biodisponibilité, l'impact et la mobilité du cuivre dans les micro-agrégats des sols viticoles
15.10 - 15.30	Guédron, S.	Contamination polymétallique des sols agricoles du plus grand système d'irrigation du monde par les eaux usées de la ville de Mexico - vallée du Mezquital (Mexique)
15.30 - 15.50 Pause		
15.50 - 16.10	Catinon, M.	La pollution élémentaire des sols par les apports anthropiques transférés par voie atmosphérique: Une approche par combinaison de méthodes
16.10 - 16.30	Morel, M-C.	Rôle des propriétés géochimiques du sol dans le transfert réactif des polluants émergents : cas de l'antibiotique Sulfaméthoxazole.
16.30 - 16.50	Parsons, C.	The cumulative effects of repetitive flooding on the mobility of redox sensitive contaminants in soil
16.50 - 17.00		Conclusions de la journée

Liste des Posters	
Besse, J	Air-soil exchange of path PAH and PCB from alps soils: computational and experimental data
Bièvre, G.	détermination et suivi temporel de l'humidité des sols: bénéfique d'une approche couplée
Duwig, C.	Modélisation du flux d'eau dans les pores du sol observés par tomographie à rayon X
Erktan, A.	Restaurer les sols de ravines érodées : quel est le rôle de la diversité fonctionnelle végétale ?
Guyard, H.	L'appareil prototype RMP Echantillon : un nouvel outil pour la caractérisation hydrique des sols
Puissant, J.	Fournir la composition de la matière organique des sols et l'état d'oxydation du carbone à l'échelle mondiale à partir de spectres ¹³ C RMN publiés
Rossetto, L.	Spéciation du mercure dans les sols

Liste des résumés

Session 1. Constituants et propriétés des sols

(Chairs: Jean-Jacques Brun, Jean Christophe Clément)

1.1 Does soil water repellency deteriorate the filtering function of soils?

Müller, K., Deurer, M., van den Dijssel, C., Mason, K., Jeyakumar, P., Carter, J. and Clothier, B.

1.2 Évaluation de l'influence de la composition hydrogéochimique sur la résistance mécanique d'un glissement argileux

Bièvre, G.; Guédron, S.; Grangeon, S.; Jongmans, D.; Lanson, B. and Charlet, L.

1.3 Relations entre propriétés de sols, énergie de la pluie et taille des agrégats splashés

Grangeon T., Legout C., Yu N., Esteves M. and Boudevillain B.

1.4 Soil organic matter characterization and stabilization in a calcareous mountain massif: a Rock-Eval pyrolysis approach

Saenger A.; Cecillon L. ; Brun J.J.

1.5 Une comparaison des métatranscriptomes eucaryotes de deux sols alpins

Mustafa, T., Choler, P., Monier, A., Coissac, E., Zinger, L., Geremia, R.A., and Bonneville, J.M.

1.6 Modélisation du flux d'eau dans les pores du sol observés par tomographie à rayon X

C. Duwig, P. Delmas, A. Gastelum Strozzi, M. Lefrancq, J.Marquez, B. Prado, P. Charrier

1.7 Restaurer les sols de ravines érodées: quel est le rôle de la diversité fonctionnelle végétale ?

Erktan, A. * ; Cécillon, L. ; Rey, F.

1.8 Fournir la composition de la matière organique des sols et l'état d'oxydation du carbone à l'échelle mondiale à partir de spectres 13C RMN publiés

Puissant, J., Cécillon, L., Brun, J.J.

Session 2. Les outils de caractérisation des sols à l'OSUG

(Chairs: Jean Martins, Stéphane Guédron)

2.1 Caractérisation bio-physico-chimique des sols: Les outils et méthodes développés au LTHE

Vince, E., Denis, H., Morel, M.C., Duwig, C., Spadini, L., Van Der Vaere, J.P., Oxarango, L., Laurent, J.P., Lejon, D., Daïan, J.F., et Martins, J.M.F.

2.2.a Les analyses de sols en éléments majeurs, traces et ultra-traces

Bureau, S.; Rossetto, L. ; Tisserand, D. ; Poggi, C. et Chauvel, C.

2.2.b Prélèvements des eaux porales du sol et analyses de terrain des éléments de la phase solide sensibles au redox

Tisserand, D. ; Charlet, L. ; Guedron, S. Masson, J.P. ; Bureau, S. et Rossetto, L.

2.2.c. La modélisation des diffractogrammes de rayons X : Nouvelles perspectives pour la minéralogie des sols

Lanson B., Findling N., Hubert F., Ferrage E.

2.3 Irstea – Laboratoire d'Ecologie du Sol

De Danieli, S.; Cécillon, L.; Brun, J.J.

2.4 Le Plateau Technique "Analyses Environnementales (AE)" du Laboratoire d'Ecologie Alpine (LECA)

Arnoldi C., Colace M.P., Clément J.C.

2.5 Spéciation du mercure dans les sols

Rossetto, L. ; Tisserand, D.; Bureau, S. et Guédron S.

2.6 Détermination et suivi temporel de l'humidité des sols : Bénéfice d'une approche couplée Bièvre, G. et Oxarango, L.

2.7 L'appareil prototype RMP Echantillon : un nouvel outil pour la caractérisation hydrique des sols.

Guyard, H.; Legchenko, A. ; Descloitres M.

Session 3. Processus bio-physico-chimiques et contaminants des sols

(Chairs: Céline Duwig, Géraldine Sarret)

3.1 Connaître la couverture pédologique pour prévoir le devenir de contaminants : Exemple du mercure dans les sols amazoniens

Grimaldi, M.

3.2 Un sol, un verre, un ordinateur - ne pas oublier l'eau -

Spadini, L., Morel, M-C, Duwig, C., Martins, J.M.F.

3.3 Le mode de gestion des intrants organiques des sols à l'échelle de la parcelle contrôle la distribution, la biodisponibilité, l'impact et la mobilité du cuivre dans les micro-agrégats des sols viticoles

Martins, J.M.F., Navel, A., Lejon, D., Vince, E., Spadini, L.

3.4 Contamination polymétallique des sols agricoles du plus grand système d'irrigation du monde par les eaux usées de la ville de Mexico – vallée du Mezquital (Mexique)

Guédron, S., Duwig, C., Grangeon, S.

3.5 La pollution élémentaire des sols par les apports anthropiques transférés par voie atmosphérique. Une approche par combinaison de méthodes

Catinon, M., Ayrault, S., Reynaud, ., Tissut, M.

3.6 Rôle des propriétés géochimiques du sol dans le transfert réactif des polluants émergents : cas de l'antibiotique Sulfamethoxazole

Morel, M.-C., Spadini, L., Duwig, C., Brimo, K., Martins, J.M.F.

3.7 The cumulative effects of repetitive flooding on the mobility of redox sensitive contaminants in soil

Parsons, C., Couture, R.M., Omereghe, E.O., Bardelli, F., Greneche, J.M., Roman-Ross, G., Charlet, L.

3.8 Air-soil exchange of PAH and PCB from Alps soils: computational and experimental data

Besse, J., David, B., Besombes, J.-L., Naffrechoux, E.

Session 1 :

Constituants et propriétés des sols

(Chairs: Jean-Jacques Brun, Jean Christophe Clément)

Does soil water repellency deteriorate the filtering function of soils?

Müller, K.^{1*}, Deurer, M.¹, van den Dijssel, C.¹, Mason, K.¹, Jeyakumar, P.¹, Carter, J.¹ and Clothier, B.¹

¹ New Zealand Institute for Plant & Food Research, Palmerston North & Ruakura, New Zealand

* Corresponding author: karin.mueller@plantandfood.co.nz

There is increasing global concern about soil water repellency (SWR) as a soil degradation process. SWR is a transient property expressed in patchy wetting-up behaviour of soils once they dry out below a site- and soil-specific critical water content. It might pose a threat to the delivery of soil ecosystem services in particular to the regulating services in relation to water and carbon, and food provisioning. The understanding of the economic, ecological and environmental consequences of SWR is still limited. Moreover, we are unable to predict when and where SWR will occur, or when it might disappear.

To improve our knowledge on the extent of SWR in the North Island of New Zealand, we conducted a survey on the occurrence of SWR under pastoral land use. We sampled the top 4 cm of soils across 50 sites from ten soil orders and five drought-proneness classes in the summer 2009/10. The survey revealed that the phenomenon of SWR is prevalent throughout all regions, independent of climate, but influenced by soil order. The degree of SWR and its persistence for air-dried samples were positively correlated with the soils carbon contents, and negatively with bulk density.

We conducted field and laboratory experiments with water-repellent soils from pastoral sites in New Zealand to analyse the impact of SWR on the local scale runoff, infiltration and leaching processes. Measuring water and ethanol infiltration with tension disc-infiltrimeters in the field, we found that SWR reduced water infiltration by up to a factor of 20. Solute transport experiments through intact soil columns in the laboratory revealed that the soils buffering and filtering services were compromised by soil-water repellency. To quantify directly the impact of SWR on runoff, we developed a laboratory-scale runoff measurement apparatus (ROMA). We compared the runoff resulting from the run-on of water with that resulting from an ethanol solution. Results of these experiments and their implications will be discussed.

Évaluation de l'influence de la composition hydrogéochimique sur la résistance mécanique d'un glissement argileux

Bièvre, G.^{1,2*}; Guédron, S.²; Grangeon, S.³; Jongmans, D.²; Lanson, B.² and Charlet, L.²

¹. CETE de Lyon, 25 Av. F. Mitterrand, 69674 Bron cedex

². ISTerre, Université de Grenoble 1, CNRS, IDR, BP 53, 38041 Grenoble cedex 9

³. BRGM, 3 avenue Claude-Guillemin - BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2

*Corresponding author: gbievre@obs.ujf-grenoble.fr

Les instabilités gravitaires qui affectent les massifs argileux présentent des phases d'accélération et de fluidification qui peuvent s'avérer dramatiques pour les personnes et les infrastructures. La combinaison de méthodes géotechniques et géophysiques permet actuellement d'obtenir des images 2D/3D de ces structures hétérogènes et de les intégrer dans des modèles de comportement hydromécaniques. Cependant, les essais géotechniques conduits sur le glissement argileux d'Avignonet (Isère) mettent en évidence une variabilité des propriétés mécaniques que les méthodes classiques de caractérisation physique ne permettent pas d'expliquer (Mainsant et al., 2010). Des études récentes ont montré l'influence significative que pouvait jouer la géochimie de l'eau interstitielle sur les propriétés mécaniques des argiles (e.g. Di Maio et al., 2004). Le but de ce travail est d'étudier la composition chimique des eaux circulant dans le glissement d'Avignonet et d'évaluer l'impact potentiel de celle-ci sur les propriétés mécaniques de l'argile.

L'approche utilisée combine les observations géologiques (sondages), géotechniques (essais de laboratoire, instrumentation et essais périodiques en forage), hydrogéochimiques (analyse des phases liquide et solide) et géophysiques (mesures de surface et en forage). Le suivi temporel des essais périodiques est couplé avec les données hydrométéorologiques et de déplacements continus fournis par l'observatoire national OMIV sur les instabilités de versant.

Les premiers résultats montrent la présence d'anomalies géochimiques marquées en profondeur (déminéralisation de l'eau porale) qui semblent localisées au niveau des surfaces de rupture. Ces premières observations doivent être validées par des analyses complémentaires. Elles semblent toutefois indiquer que la géochimie de l'eau est un paramètre qui doit maintenant être intégré dans les modèles hydromécaniques qui visent à rendre compte du fonctionnement des glissements de terrain.

Références

Di Maio, C.; Santoli, L. & Schiavone, P. *Mechanics of Materials*, **2004**, 36, 435 - 451.

Mainsant, G.; Jongmans, D.; Larose, E.; Baillet, L.; Chambon, G.; Bièvre, G. in J.-P. Malet; T. Glade;

N. Casagli, ed., *Mountain Risks: bringing science to society*. 24-26 November 2010, Firenze, Italy, **2010**, CERG Éditions, Strasbourg, France.

Relations entre propriétés de sols, énergie de la pluie et taille des agrégats splashés

Grangeon T^{1*}, Legout C.¹, Yu N.¹, Esteves M.¹ and Boudevillain B.¹

LTHE, Université Joseph Fourier, IRD, CNRS, G-INP, 460 Rue de la Piscine, 38400 Saint Martin d'Hères, France

*Corresponding author: Thomas.grangeon@ujf-grenoble.fr

La connaissance et la modélisation de l'érosion hydrique constituent un enjeu important en termes de gestion des sols et des cours d'eau. A l'amont, les pertes en sol et en nutriments affectent directement la ressource sol en tant que support à l'agriculture. A l'aval, les matières en suspension (MES) entraînent l'envasement progressif des ouvrages, perturbent les habitats écologiques et la vie aquatique par augmentation de la turbidité et constituent un vecteur privilégié du transport d'éléments polluants (Owens et al., 2005). Force est de constater qu'à l'heure actuelle, les aptitudes des modèles à reproduire les flux de MES sont bien loin des exigences d'ordre prédictif des décideurs. Une des raisons probables de cet échec provient d'une mauvaise prise en compte de la taille agrégée des particules, alors que cette propriété, via son impact sur la vitesse de chute des MES, contrôle les distances/temps de transfert (Wainwright et al., 2008).

L'érosion diffuse résulte de divers processus que sont le détachement, le transport et la sédimentation. Le détachement se produit à la surface du sol lorsque, sous l'action des gouttes de pluie, des agrégats se brisent et sont mis en mouvement par effet « splash. » Telle que prise en compte dans les modèles, la masse détachée par la pluie se résume à une loi puissance, fonction de l'intensité ou de l'énergie de la pluie. Le sol apparaît sous la forme d'un facteur de proportionnalité, sans considération explicite des tailles de particules. Cette étude vise donc à étudier, pour deux sols contrastés, les relations entre tailles des gouttes de pluie, quantités et tailles des particules détachées par effet splash. Dix expériences de simulation de pluie en laboratoire ont donc été réalisées : cinq sur un sol argilo limoneux et cinq autres sur un sol limoneux battant. L'énergie cinétique de la pluie a été caractérisée par spectropluviométrie optique. L'utilisation de trois simulateurs de pluie différents a permis de générer des tailles de gouttes variables de 80 μm à 6.5 mm de diamètre. Les particules détachées par effet splash ont été caractérisées en termes de masses et de tailles, par combinaison de tamisage humide et de diffraction laser.

Les résultats obtenus montrent : i) pour les deux sols, une augmentation de la proportion de particules fines splashées lorsque l'énergie de la pluie augmente. Le sol limoneux voit ainsi sa fraction de particules comprise entre 200 et 500 μm passer de 5 à 16 % du total de la masse détachée par effet splash, au détriment de la fraction grossière (>1000 μm), quand l'énergie cinétique de la pluie est augmentée de $3,4 \cdot 10^{-3} \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ à $7,4 \cdot 10^{-2} \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; ii) les classes de tailles de particules variant du fait de l'énergie cinétique de la pluie sont différentes, à la fois entre les deux sols et entre les temps d'exposition de ces derniers à la pluie. Ce résultat est interprété comme une signature des caractéristiques des sols, et notamment de leur stabilité structurale ; enfin iii) les masses splashées sont majoritairement contrôlées par les conditions initiales des sols (humidité, état de surface) alors que les tailles des particules splashées sont contrôlées par l'énergie cinétique de la pluie.

Owens, P.N.; Batalla, R.J.; Collins, A.J.; Gomez, B.; Hicks, D.M.; Horowitz, A.J.; Kondolf, G.M.; Marden, M.; Page, M.J.; Peacock, D.H.; Petticrew, E.L.; Salomons, W.; Trustrum, N.A. *River research and applications*, **2005**, 21, 693-717.

Wainwright, J.; Parsons, A.J.; Müller, E.N.; Brazier, R.E.; Powell, D.M.; Fenti, B. *Earth Surface Processes and Landforms*, **2008**, 33, 813-826.

Soil organic matter characterization and stabilization in a calcareous mountain massif: a Rock-Eval pyrolysis approach

Saenger A. *; Cecillon L. ; Brun J.J.

*Corresponding author: anais.saenger@irstea.fr

Rock-Eval pyrolysis is an original instrument, initially developed by oil industry and broadly used for the geochemical analysis of organic matter in sedimentary rocks (Espitalié et al., 1985). This technique gives rapid access to the total organic carbon content of the sample and to the type and stage of maturation of SOM, without preliminary sample preparation (e.g. decarbonation, extraction or purification) (Disnar et al., 2003; Sebag et al., 2006). Hence, Rock-Eval pyrolysis provides precious insights into soil organic matter structure and transformation which are generally expensive or difficult to obtain with other methods.

Here we present the results of a Rock-Eval pyrolysis survey covering a large variety of ecosystems and topographic situations in the calcareous massif of Vercors (Prealps, France). The main objectives are: (i) the quantification of surface soil carbon (C) stocks in this biogeographical context using total organic carbon (TOC) Rock-Eval parameter and the measured bulk soil density, (ii) the characterization of soil organic matter (SOM) and its structural changes in different ecosystems using pyrolytic indices, (iii) the highlighting of climatic, topographic and/or edaphic factors which drive the SOM stabilization.

These mountain soils exhibit large TOC stocks despite the high stone content. The quality of soil carbon is described by different parameters, including the Hydrogen Index (HI), a proxy of the degree of maturity of humic substances since it indirectly reflects the presence of more condensed aromatic rings or substituted rings structures (Lu et al., 2000). This index is largely controlled by edaphic factors (pH, aggregation) and altitude. Another parameter adapted from R400 index of Disnar et al. (2003) is thought to be an indicator of SOM stability. The latter is mainly driven by pedogenic processes and the availability and quantity of clay minerals that stabilize large quantities of C. Therefore the SOM distribution and quality in this massif is not only dependent of the climatic conditions; factors such as pH, residue quality or clay content, and their interplay, need to be considered.

This study confirm the value of Rock-Eval pyrolysis as a fast, easy and low-cost way for characterizing and monitoring SOM quality and quantity on large datasets.

Disnar J.R., Guillet B., Keravis D., Di-Giovanni C. & Sebag D. Soil organic matter (SOM) characterization by Rock-Eval pyrolysis: scope and limitations. *Organic Geochemistry*, **2003**, 34 (3), 327-343.

Espitalié, J., Deroo, G., Marquis, F. La pyrolyse Rock-Eval et ses applications. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, **1985**, 40, 563-579.

Lu, X.Q., Hanna, J.V., Johnson, W.D. Source indicators of humic substances: an elemental composition solid state ¹³C CP/MAS NMR and Py-GC/MS study. *Applied Geochemistry*, **2000**, 15, 1019-1023.

Sebag D., Disnar J.R., Guillet B., Di Giovanni C., Verrecchia E.P. & Durand A. Monitoring organic matter dynamics in soil profiles by 'Rock-Eval pyrolysis': bulk characterization and quantification of degradation. *European Journal of Soil Science* **2006**, 57, 344-355.

Une comparaison des métatranscriptomes eucaryotes de deux sols alpins

Mustafa, T., Choler, P., Monier, A., Coissac, E., Zinger, L., Geremia, R.A., and Bonneville, J.M.*

Laboratoire d'Ecologie Alpine, Grenoble,. <http://www-leca.ujf-grenoble.fr>

*Corresponding author: jean-marc.bonneville@ujf-grenoble.fr

Les nouvelles technologies de séquençage offrent l'opportunité d'étudier globalement les fonctions biochimiques à l'œuvre dans le sol via les ARN messagers. Nous avons utilisé la métatranscriptomique pour une première évaluation des fonctions codées par les communautés eucaryotes des sols de deux prairies alpines contrastées. Ces sols diffèrent par leur couverture neigeuse et végétale : la toundra à faible enneigement (ESM, early snow melt) présente une végétation à stratégie conservative (croissance lente, adaptation à des stress multiples) ; elle contraste avec la prairie à fonte des neiges tardive (LSM, late snow melt), qui abrite des plantes à croissance rapide, exploitatrices (Baptist et al, 2010). Les sols ESM contiennent plus de matière organique que les sols LSM et hébergent des communautés bactériennes et fongiques distinctes (Zinger et al, 2009). Nous avons extrait les ARN totaux des sols LSM et ESM, converti l'ARN polyA+ en ADNc, et séquencé l'ADNc amplifié en utilisant la technologie Roche 454. Ceci a généré deux bibliothèques de ~ 40000 séquences de RNA putatifs, de ~ 400 nt longueur, dont 38% codent pour une protéine identifiable par l'une ou l'autre des trois bases de données. La contribution taxonomique la plus importante provient des champignons, mais des séquences végétales et animales ont également été fréquemment détectées ; les protéines bactériennes sont largement éliminées. Entre 600 et 900 enzymes ont été répertoriées pour chaque sol. Les protéines ribosomales, ainsi que les ubiquitine-ligases, sont sous-représentées en ESM. Ceci suggère que la traduction et la dégradation des protéines, fortes consommatrices d'énergie cellulaire, y sont moins actives. Des différences ont également été notées dans le métabolisme du glucose, où huit enzymes sont sous-représentées en ESM alors que trois sont surexprimées. Ces deux groupes d'enzymes se placent sur des voies métaboliques divergentes et suggèrent que le sol ESM tire son glucose essentiellement de l'hydrolyse de la cellulose pour le stocker en des composés de résistance au stress, tandis que le sol LSM produit davantage son glucose par hydrolyse de l'amidon et l'utilise directement dans la glycolyse et le cycle de Krebs. Conjointement, ces observations esquissent un syndrome moléculaire de lente consommation d'énergie cellulaire dans le sol ESM, qui est en concordance avec les traits aériens des plantes ESM conservatrices. La métatranscriptomique des sols pourrait être une voie prometteuse pour analyser les interactions moléculaires entre plantes et champignons et leur métabolisme secondaire. Une étude similaire de sols préalpins de lande et de prairies a été initiée dans le cadre de l'ANR EUMETASOL.

Baptist, F; Yoccoz, N; Choler, P. *Plant and Soil*, **2010**, 328, 397-410

Zinger, L; Shahnava, B; Baptist, F et al., *ISME J*, **2009**, 3, 850-859.

Modélisation du flux d'eau dans les pores du sol observés par tomographie à rayon X

Duwig, C.^{1*}, Delmas, P.², Gastelum Strozzi, A.², Lefrancq, M.¹,

Marquez, J.³, Prado, B.⁴, Charrier, P.⁵

¹ LTHE, IRD, Université Joseph Fourier, BP53, 38041 Grenoble: celine.duwig@ird.fr

² University of Auckland, Auckland, New Zealand

³ Image Analysis Visualization Laboratory, CCADET, UNAM, Mexico -

⁴ Department of Geology, UNAM, Mexico

⁵ 3SR (Sols Solides Structures Risques), Université Joseph Fourier, BP 53, 38041Grenoble.

Le réseau poral d'un sol est le principal facteur affectant le transport d'eau et des contaminants appliqués à la surface du sol. La présence de chemins de flux préférentiels fait que la vitesse de transport de l'eau peut être bien plus rapide que celle prédite par l'équation classique de Richards appliquée à un profil de sol homogène. Ce phénomène conduit à la contamination des nappes phréatiques et est devenu une question primordiale en science de l'environnement (Gerke et al., 2010).

La tomographie à rayon X (CT) est une technique d'image non destructive et est de plus en plus utilisée depuis les vingt dernières années en géoscience pour visualiser et étudier la structure porale des sols et des roches en 3D (Warner et al., 1989). Des monolithes intacts de 9 cm de diamètre et 15 cm de long d'Andosols ont été excavés au centre du Mexique, dans le bassin versant de Valle de Bravo, qui fournit 15% de l'eau potable à la ville de Mexico. Ces monolithes ont été passés au CT scan à une résolution de 87 microns. Grâce à des techniques de traitement d'image (segmentation, reconstruction), la structure 3D et les caractéristiques morphologiques des pores ont été obtenues. Trois macropores de taille et de tortuosité contrastées ont été sélectionnés. Le flux d'eau à travers ces pores a été simulé en résolvant l'équation de Navier Stokes soit avec le programme COMSOL (approche eulérienne), soit avec la méthode « Smooth Particle Hydrodynamics » (approche lagrangienne - Monaghan, 1992).



Figure 1. Représentation des trois pores sélectionnés

Les champs de vitesse simulés sont similaires pour les deux modèles. Cependant, les conductivités hydrauliques calculées sont 10 à 1000 fois supérieures à celle mesurée sur le terrain. Les macropores sélectionnés conduisent l'eau plus rapidement que la matrice du sol, alors que 90% des pores de cet Andosol à la texture fine ont une taille inférieure à la résolution du tomographe.

Gerke, H.H., Germann, P. & Nieber, J., 2010. Preferential and unstable flow: from the pore to the catchment scale. *Vadose Zone Journal* 9, 207-212.

Monaghan, J.J., 1992. Smoothed particle hydrodynamics, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 30, 543-574.

Warner, G.S., Nieber, J.L., Moore, I.D. & Giese, R.A., 1989. Characterizing macropores in soil by computed tomography. *Soil Science Society of America Journal* 53, 653-660.

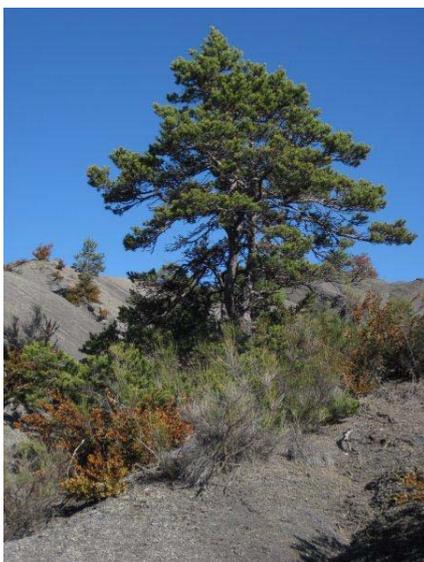
Restaurer les sols de ravines érodées : quel est le rôle de la diversité fonctionnelle végétale ?

Erktan, A. * ; Cécillon, L. ; Rey, F.

Irstea, UR Ecosystèmes Montagnards - 2, rue de la Papeterie, BP 76 - 38402 Saint Martin d'Hères

*Corresponding author: amandine.erkтан@irstea.fr

Dans les Alpes du Sud, la diminution drastique du couvert végétal au XIX^{ème} siècle (déforestation et surpâturage) a contribué à un fort ravinement, toujours d'actualité. Les impacts écologiques et socio-économiques négatifs de cette intense érosion ont motivé des travaux de restauration écologique par l'Office National des Forêts dès le début du XX^{ème} siècle et justifient l'intérêt actuel d'Irstea pour les terrains toujours érodés. L'observation de ravines érodées en cours de restauration a montré que le lit des ravines est une zone clé de leur réhabilitation et c'est ce qui inspire aujourd'hui Irstea dans le développement de stratégies minimales de restauration écologique (Rey, 2009 ; Figure 1). Le but de l'étude présentée ici est de mieux comprendre l'impact des travaux de restauration sur le fonctionnement écologique des écosystèmes de lits de ravine sur le long terme (centaine d'années). On se concentre sur deux fonctions écologiques clés : l'érodibilité des sols (stabilité des agrégats mesurée par cinétique de désagrégation en granulométrie laser ; collaboration C.Legout, LTHE) ainsi que leur fertilité (indices basés sur la spectroscopie infrarouge). Nous avons choisi de tester spécifiquement l'effet de la structure fonctionnelle des communautés végétales sur le fonctionnement de ces écosystèmes (étude de traits fonctionnels, e.g. morphologie racinaire, mycorhization ; Figure 2). L'étude se concentrera sur environ 120 lits de ravines en cours de restauration dans les Alpes du Sud (site de Draix, 04) durant l'été 2012. De manière théorique, cette étude alimentera de résultats expérimentaux le débat scientifique autour du rôle de la structure végétale fonctionnelle dans les processus écosystémiques. Les résultats pourront également être utilisés par les gestionnaires pour mieux cibler les interventions dans le but de stimuler des trajectoires



durables de restauration écologique.

Figure 1 : Photographie d'une communauté végétale

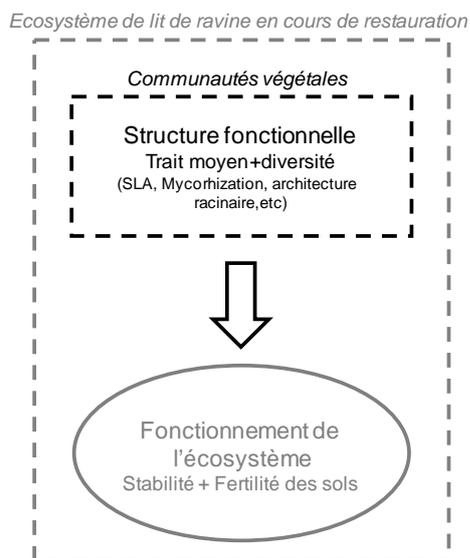


Figure 2 : Schéma de la stratégie expérimentale

de lit de ravine (Draix, Alpes du Sud)

Rey, F. *Land degradation and development*, 2009, A strategy for fine sediment retention with bioengineering works in eroded marly catchments in a mountainous Mediterranean climate (Southern Alps, France). 20, 210-216.

Fournir la composition de la matière organique des sols et l'état d'oxydation du carbone à l'échelle mondiale à partir de spectres ^{13}C RMN publiés

Puissant, J.^{1*}, Cécillon, L.^{1*}, Brun, J.J.¹

¹ Irstea, UR EMGR Ecosystèmes montagnards, 2 rue de la 12 Papeterie-BP 76 Saint-Martin-d'Hères, F-38402

*Corresponding authors: jeremy.puissant@irstea.fr; lauric.cecillon@irstea.fr

Les sols stockent, sous forme de matière organique au moins trois fois plus de carbone (C) que celui contenu dans l'atmosphère. Comprendre les mécanismes qui permettent sa stabilisation au cours du temps dans les différents écosystèmes s'avère donc primordial, qui plus est dans le but d'anticiper l'impact des changements globaux sur cette stabilité relative. A l'heure actuelle, le manque d'information sur les caractéristiques chimiques de la matière organique des sols (MOS) à l'échelle moléculaire (composition, hydrophobicité, etc.), constitue un réel frein à la compréhension des mécanismes menant à sa stabilisation. Au cours de ces dernières décennies, la spectroscopie à résonance magnétique nucléaire du carbone (^{13}C RMN) est apparue comme une méthode attractive, non destructive, fournissant des informations détaillées sur la chimie du carbone organique. Ici, nous développons une méthode innovante consistant à (1) récolter les données de ^{13}C RMN sur la MOS à l'échelle mondiale en numérisant tous les spectres de ^{13}C RMN publiés (430 articles de 1980 à 2011) ainsi que leurs métadonnées associées (localisation, climat, caractéristiques du sol, etc.) et (2) analyser de manière nouvelle ces données en appliquant le « Molecular Mixing Model » développé par Nelson & Baldock (2005). Ce modèle permet de calculer la proportion des cinq principaux composants biochimiques de la MOS dans un échantillon à partir de son spectre ^{13}C RMN, de même que l'état d'oxydation du carbone (C_{ox}). Trois grandes perspectives émergent de ce travail : (1) fournir une distribution mondiale de la composition de la MOS et du C_{ox} ; (2) regarder le rôle de la composition de la MOS et du C_{ox} sur la stabilité de la MOS : jouent-ils un rôle sur dans cette stabilité ou sont-ils des facteurs négligeables comparé aux propriétés de l'écosystème ? ; (3) donner un libre accès à cette base de données ^{13}C RMN des sols permettant ainsi à la communauté scientifique de tester de nouvelles hypothèses sur les mécanismes menant à la stabilisation du carbone organique.

Référence :

Nelson, P., Baldock, J. (2005) Estimating the molecular composition of a diverse range of natural organic materials from solid-state ^{13}C NMR and elemental analyses. *Biogeochemistry* 72, 1-34.

Session 2 :

Les outils de caractérisation des sols à l'OSUG

(Chairs: Jean Martins, Stéphane Guédron)

Caractérisation bio-physico-chimique des sols: Les outils et méthodes développés au LTHE

Vince, E.^{1*}, Denis, H.^{1*}, Morel, M.C.¹, Duwig, C.¹, Spadini, L.¹, Van Der Vaere, J.P.¹, Oxarango, L.¹, Laurent, J.P.¹, Lejon, D.¹, Daïan, J.F.¹, et Martins, J.M.F.¹

¹ Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie & Environnement – UMR 5564
Domaine Universitaire / OSUG-B, 70, rue de la Physique, 38400 Saint Martin d'Hères.

* Corresponding author: erwann.vince@ujf-grenoble.fr, hervé.denis@ujf-grenoble.fr

Le LTHE dispose d'un Pôle Expérimentation de Laboratoire et Terrain (PELT) dont une des compétences est la caractérisation biogéochimique des milieux poreux (sols naturels, sédiments, déchets, matériaux, ...).

Les outils techniques et les méthodologies développés par le PELT font appel à différentes disciplines scientifiques, allant de la physique et de l'écologie microbienne du sol à la biologie cellulaire et moléculaire, jusqu'à des approches géochimiques et physico-chimiques des milieux poreux dispersables ou non, couplées à la physique des particules.

Nous présenterons ici en particulier le parc d'outils disponibles au LTHE qui est organisé en plateformes technologiques :

- plateforme de microbiologie associée au plateau MOME d'Envirhonalp (bactériologie, biologie moléculaire, cultures contrôlées, soucier et stockage...),
- plateforme particules (microscopie de fluorescence, cytométrie de flux, granulométrie...),
- plateforme de caractérisation des sols associée aux plateaux PMPN et PS2E d'Envirhonalp (porosimétrie au mercure, granulométrie laser et optique, banc de succion, sondes d'humidité, infiltromètres à disque...),
- plateforme de chimie des sols (Chromatographie ionique, HPLC-UV, Electrophorèse capillaire, Chromatographie en phase gazeuse (GC), Spectroscopie UV-VIS et de Fluorescence, Bioluminescence, titrimétrie acide base...).

Au travers d'exemples concrets de travaux de recherche, nous vous présenterons nos outils et méthodes ainsi que le potentiel de nos compétences techniques dans les domaines de la caractérisation des sols aux niveaux microbiologique (abondance, diversité et structure des communautés microbiennes des sols et des biofilms), physique (porosité et distribution de la taille des pores, courbe de rétention en eau, perméabilité, humidité, taille des constituants et morphologie des particules...), et chimique (analyse de composés organiques dans les sols par HPLC-UV ou GC, spéciation de composés (in)organiques par des méthodes spectroscopiques et titrimétriques...).

Les analyses de sols en éléments majeurs, traces et ultra-traces

Bureau, S.^{1*}; Rossetto, L.¹; Tisserand, D.¹; Poggi, C.¹ et Chauvel, C.¹

¹ ISTerre, 1381 rue de la piscine, 38400 Saint Martin d'Hères, France.

* Corresponding author: sarah.bureau@ujf-grenoble.fr

La composition chimique d'un sol en éléments majeurs, traces et ultra-traces permet de caractériser la nature du sol et une éventuelle pollution. Une ICP-AES (Varian 720ES) et une ICP-MS (7500ce) sont utilisées à l'ISTerre dans l'équipe Geoch4d pour réaliser ces analyses.

La préparation des sols avant leur analyse est composée de plusieurs étapes. Une première étape de séchage est effectuée dans un lyophilisateur ou une étuve. Puis, l'échantillon est broyé (bol en agate) et éventuellement tamisé à 63µm. Une dernière étape de digestion consiste à mettre en solution le sol, soit par minéralisation totale (en bombes de pression) avec le mélange : HF + HClO₄, soit par minéralisation partielle (digiprep) avec le mélange : HNO₃ + HCl. Une pré-attaque avec H₂O₂ permet d'oxyder la matière organique.

L'ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) est utilisée pour l'analyse des cations majeurs et des métaux traces. La détection est basée sur les propriétés optiques des atomes ionisés. Les limites de quantifications sont comprises entre 1 µg.L⁻¹ et 50 µg.L⁻¹. L'ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer) permet d'analyser des éléments dont la concentration est comprise entre 10 et 100 ng.L⁻¹. La détection se fait par un quadropôle en fonction du rapport masse / charge de l'ion. Ces instruments sont équipés d'un passeur automatique d'échantillons qui permet d'analyser entre dix et vingt échantillons par heure. La précision obtenue sur les résultats est inférieure à 5%. Pour ces 2 techniques, les résultats sont contrôlés par l'analyse de sédiments de référence : JSD1, JSD2, JSD3, JLK1, LKSD1 (Chauvel et al. 2011). Les techniques développées pour l'analyse des sédiments sont entièrement applicable à l'analyse des sols (Guedron et al. 2006).

Références :

Chauvel, C.; Bureau, S.; Poggi, C. *Geostandards and Geoanalytical Research*, **2011**, 35, 125-143.
Guedron, S.; Grimaldi, C.; Chauvel, C.; Spadini, L.; Grimaldi, M. *Applied Geochemistry*, **2006**, 21, 2010-2022.

Prélèvements des eaux porales du sol et analyses de terrain des éléments de la phase solide sensibles au redox

Tisserand, D.^{1*} ; Charlet, L.¹ ; Guedron, S.¹ ; Masson, J.P.¹ ; Bureau, S.¹ et Rossetto, L.¹

¹ ISTERre, 1381 rue de la piscine, 38400 Saint Martin d'Hères, France.

* Corresponding author: delphine.tisserand@ujf-grenoble.fr

Un des thèmes de recherche de l'équipe Geoch4D d'ISTERre est l'étude du comportement et de la mobilisation d'éléments toxiques dans l'environnement, qu'ils soient d'origine anthropique ou naturelle.

L'échantillonnage d'eau porale de sol pour le dosage d'éléments traces et ultra-traces sensibles au redox nécessite des techniques de prélèvement appropriées pour éviter l'oxydation et la contamination des échantillons. Il est également nécessaire de doser certains éléments présents dans les sédiments et très sensibles au redox (i.e., sulfures) directement sur site lors de campagnes d'échantillonnage en terrains reculés.

Pour le prélèvement des eaux et particules sub-superficielles et profondes en conditions anoxiques, le « Needle Sampler » est un outil adapté pour prélever jusqu'à plusieurs dizaines de mètres de profondeur et stocker tout en gardant les conditions redox initiales. Cet outil permet d'obtenir des profils verticaux de concentrations des éléments étudiés (Van Geen et al., 2008, Fendorf et al., 2010).

Le prélèvement et la filtration simultanée d'eaux porales de sols sont effectués à l'aide de micro-bougies poreuses (Rhizon, cut-off 0.45µm) avec une résolution verticale optimum de 1cm. La technique des Peepers est également utilisée pour obtenir des profils d'eaux porales (résolution 1cm) sur 30 cm de profondeur, intégrés temporellement sur une quinzaine de jours. « Peepers » ou « Rhizon » peuvent être utilisés à quelques dizaines de cm de la surface (Guedron et al., 2012).

L'analyse des éléments de la phase solide très sensibles au redox tels que les sulfures volatils acides ou AVS (Acid Volatil Sulfide) s'effectue préférentiellement in-situ ou au laboratoire si l'échantillon est stocké en condition anoxique. Cette technique a été mise au point à l'ISTERre. Le couplage de l'analyse des AVS à celle des métaux extractibles simultanément (ou SEM) donne un indice de toxicité du sédiment (Rickard et al., 2005, Ineris, 2004).

Références bibliographiques:

- Fendorf, S.; Michael, H., A.; Van Geen, A. *Science*, **2010**, 328, 1123.
Guedron, S., Huguet, L., Vignati, D.A.L., Liu, B., Gimbert, F., Ferrari, B.J.D., Zonta, R., Dominik, J. *Marine Chemistry*, **2012**, 130-131, 1-11.
Rickard, D., Morse, J., W. *Marine Chemistry*, **2005**, 97, 141-197.
Van Geen, A.; Radloff, K.; Aziz, Z.; Cheng, Z.; Huq, M.R.; Ahmed, K.M.; Weinman, B.; Goodbred, S.; Jung, H.B.; Zheng, Y.; Berg, M.; Trang, P.T.K.; Charlet, L.; Metral, J.; Tisserand, D.; Guillot, S.; Chakraborty, S.; Gajurel, A.P.; Upreti, B.N. *Applied Geochemistry*, **2008**, 23, 3244-3251.

La modélisation des diffractogrammes de rayons X : Nouvelles perspectives pour la minéralogie des sols

Lanson, B.^{a*}; Findling, N.^a; Hubert, F.^b; Ferrage, E.^b

^aMineralogy & Environments / Institut des Sciences de la Terre, Univ. Grenoble 1 – CNRS

^bHydrASA / IC2MP, Université Poitiers – CNRS

* Corresponding author: Bruno.lanson@obs.ujf-grenoble.fr

La diffraction des rayons X est couramment utilisée pour caractériser la minéralogie des sols et en particulier de leur fraction fine « argileuse ». Plus spécifiquement, les positions des raies de diffraction obtenues sur une fraction granulométrique déterminée (généralement < 2 µm), de même que leurs déplacements suite à divers traitements (échange cationique, saturation avec une molécule polaire - éthylène glycol ou glycérol, chauffage, ...), sont le plus souvent utilisés pour identifier les phyllosilicates hydratés (argiles) et les autres minéraux des sols.

Il faut cependant noter que les processus pédogénétiques, opérant à basse température, conduisent à la formation d'espèces très finement divisées et présentant d'importantes densités de défauts. De plus, ces espèces consistent fréquemment en un mélange intime de différents types de feuillets, l'interstratification étant favorisée par la similarité des motifs constitutifs des feuillets argileux et donc de leurs dimensions (paramètres de maille dans le plan du feuillet). Les diffractogrammes de rayons X caractéristiques de ces minéraux cryptocristallins sont par conséquent extrêmement mal résolus, ne présentant généralement que des modulations très faibles. La coexistence fréquente de plusieurs espèces aux caractéristiques voisines dégrade plus avant la résolution du signal et ne permet généralement pas de caractériser la nature de ces phases argileuses néoformées, voire obère la mise en évidence de leur présence.

La modélisation des diffractogrammes de rayons X permet de s'affranchir de ces limitations en prenant en compte non seulement la position des raies de diffraction et leurs déplacements mais également les profils des diffractogrammes sur l'ensemble du domaine angulaire. En couplant cette modélisation avec des fractionnements granulométriques spécifiques, il est possible de déterminer quantitativement la minéralogie des fractions les plus fines et les plus réactives.

Les implications de cette nouvelle opportunité sont claires et concernent aussi bien la caractérisation des processus pédogénétiques que celle des modifications minéralogiques induites par l'activité biotique.

Irstea – Laboratoire d'Ecologie du Sol

De Danieli, S.¹ ; Cécillon, L.¹ ; Brun, J.J.¹

¹ Irstea, 2 rue de la Papeterie, BP 76, 38402 St-Martin-d'Hères cedex, France.

* Corresponding author: sebastien.de-danieli@irstea.fr,

Le laboratoire Irstea d'écologie du sol (UR Ecosystèmes Montagnards) a pour objectif principal l'évaluation de la qualité des sols en zone de montagne. Différents indicateurs synthétiques (physiques, chimiques et biologiques) sont développés et mis en œuvre en laboratoire et sur le terrain, pour appréhender cette notion qualitative.

Parmi les technologies mises en avant, les spectroscopies proche et moyen infrarouge (NIRS/MIRS) sont des techniques non destructives qui se sont largement répandues dans l'étude des sols au cours des dix dernières années. Utilisée pour la prédiction des teneurs de constituants majeurs, voire mineurs, la NIRS permet notamment de suivre la dynamique du carbone dans les différentes fractions du sol, sur un grand nombre d'échantillons et à moindre coût (Cécillon et al., 2009 ; 2010a). La technique MIRS en développement dans notre laboratoire apporte une information riche sur la chimie des constituants du sol (composés organiques et minéraux). Le développement de ces applications et la multiplication des données spectrales obtenus sur une grande diversité de sites d'étude nous a conduit à concevoir une plateforme d'acquisition et de data mining en ligne (Cécillon et al., 2010b ; 2012).

Parallèlement à ces techniques spectrales, la caractérisation des macro-communautés vivantes du sol est une autre spécialité du laboratoire (Bienert et al., 2012 ; collaboration LECA). De par leurs fonctions dans les processus de minéralisation et d'aide à l'humification de la matière organique, elles permettent une amélioration des propriétés globales du sol. Le déploiement d'indicateurs basés sur un ou plusieurs de ces taxons sensibles (espèces ingénieures comme les lombriciens ou l'IBQS - Indice Biologique de la Qualité des Sols ; Ruiz, 2004) apportent des éléments de réponse quant aux fonctions écologiques essentielles du sol et à l'impact de forçages anthropiques et/ou climatiques.

La capacité du laboratoire à mobiliser et combiner ces approches est aujourd'hui un atout original et compétitif pour la compréhension des différents processus écologiques et pédogénétiques, et pour la veille écologique d'écosystèmes sensibles dans un contexte de changement global.

Références :

- Bienert R, **De Danieli S**, Miquel C, Coissac E, Poillot C, **Brun JJ**, Taberlet P, 2012. Tracking earthworm communities from soil DNA. *Molecular Ecology* 21, in press, doi: 10.1111/j.1365-1294X.2011.05407.x.
- Cécillon L**, Certini G, Lange H, Forte C, Strand LT, 2012. Spectral fingerprinting of soil organic matter composition. *Organic Geochemistry*, in press, doi: 10.1016/j.orggeochem.2012.02.006.
- Cécillon L**, de Mello NA, **De Danieli S**, **Brun JJ**, 2010a. Soil macroaggregate dynamics in a mountain spatial climate gradient. *Biogeochemistry* 97, 31-43.
- Cécillon L**, Rasse DP, Knoth de Zarruk K, Budai A, Sørheim R, Jeannotte R, Ragan G, **Ancelet E**, **Bray F**, **Brun JJ**, **De Danieli S**, Thompson CE, Plante AF, Hudson G, 2010b. Towards a database and on-line analysis tool for soil molecular research. Oral presentation + abstract, SOM 2010, Giens, France.
- Cécillon L**, Barthès BG, Gomez C, Ertlen D, Genot V, Hedde M, Stevens A, **Brun JJ**, 2009. Assessment and monitoring of soil quality using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *European Journal of Soil Science* 60, 770-784.
- Ruiz-Camacho N., 2004. Mise au point d'un système de bioindication de la qualité du sol base sur l'étude des peuplements de macro-invertébrés. Thèse de Doctorat de l'Université Paris 6, 327 pp.

Le Plateau Technique "Analyses Environnementales (AE)" du Laboratoire d'Ecologie Alpine (LECA)

Arnoldi C.^{1*}, Colace M.P.¹, Clément J.C.¹

¹ LECA, UMR 5553 - Université Joseph Fourier - CNRS, 2233 Rue de la Piscine, 38400 Saint Martin d'Hères, France.

* *Corresponding author:* Cindy.Arnoldi@ujf-grenoble.fr

Le plateau technique "Analyses Environnementales" (AE) réalise des mesures sur la physique, la chimie et la biologie des sols, de la végétation et des eaux. Il est localisé au LECA et il peut opérer dans le chalet laboratoire au Col du Lautaret de la Station Alpine Joseph Fourier (SAJF) en tant qu'utilisateur.

Au-delà de la préparation des échantillons de sols (tamisage, séchage, broyage) et des analyses de base (**pH**, **humidité**, **densité**, **teneur en matières organiques**), la plateforme permet de mesurer les teneurs en **azote et carbone totaux** par analyse élémentaire (Flash EA1112, Thermo). Nous maîtrisons en routine les extractions de sols au KCl ou au K₂SO₄ sur lesquelles nous pouvons mesurer les concentrations en nitrite (**NO₂**), nitrate (**NO₃**), ammonium (**NH₄**), azote organique dissous (**DON**) et azote total dissous (**TDN**) par colorimétrie (FS-IV, OI Analytical). Un module pour la mesure des concentrations en **phosphore total** et en **orthophosphate** sera bientôt opérationnel. Enfin, la biomasse microbienne par Fumigation-Extraction suivi du dosage de l'N microbien, la minéralisation potentielle de l'azote et le lessivage de l'azote sont mesurés en routine.

Ces techniques et méthodes s'appuient sur les expertises scientifiques et techniques de Jean-Christophe Clément (MCF, Resp. Scientifique), Cindy Arnoldi (AI UJF) et Marie-Pascale Colace (IE CNRS) qui supervisent et gèrent le plateau technique.

Le LECA possède aussi une expertise dans l'extraction d'ADN et d'ARN de sols pour du metabarcoding ou de la métatranscriptomique respectivement. Ces activités seront aussi présentées.

Spéciation du mercure dans les sols

Rossetto, L. * ; Tisserand, D.; Bureau, S. et Guédron S.

ISTerre, 1381 rue de la piscine, 38400 Saint Martin d'Hères, France.

* Corresponding author: lionel.rossetto@ujf-grenoble.fr

Le mercure est un métal très toxique utilisé dans de nombreuses applications industrielles (i.e., chlor-alkali, industrie pharmaceutique...) et minières (i.e., orpaillage). La contamination mercurielle des sols peut être liée à des retombées atmosphériques, ou à des rejets de mercure particulaire ou dissous. En condition d'hydromorphie, les sols peuvent être un milieu propice à la genèse de sa forme bioaccumulable et neuro-toxique : le méthylmercure. Afin d'identifier et de quantifier la distribution et la spéciation du mercure entre phase solide et eaux porales du sol, l'équipe Géochimie 4D dispose de plusieurs méthodes de préparation et d'analyse ultra-trace de ce contaminant.

L'échantillonnage des eaux porales est effectué suivant des techniques « ultra-clean » (Cossa, 2003) afin de limiter toute contamination lors du prélèvement et du conditionnement.

Le mercure présent dans les eaux porales se trouve en très faible quantité (ng L^{-1}). C'est pourquoi il est nécessaire d'avoir des outils d'analyses possédant une très bonne sensibilité de l'ordre du picogrammes pour détecter et quantifier cet élément. L'utilisation de réactifs purifiés, d'un flaconnage spécifique (matériaux en téflon) soumis à des phases de préparation et de conditionnement sont des étapes très importante pour limiter la contamination.

L'analyse du mercure total dissous (Bloom, 1989) s'effectue par pré-concentration sur piège d'or (amalgamation) et détection par fluorescence atomique (CV-AFS). Le mercure inorganique (Hg^0) et organique (méthylmercure) sont analysés par chromatographie gazeuse cryogénique avec une détection par fluorescence atomique.

Ces deux techniques d'analyses sont particulièrement sensibles et permettent d'obtenir des limites de quantification proche de 10 pg/L et une répétabilité comprise entre 5 et 15% en fonction du volume d'échantillon et des niveaux de concentration (Cossa, 2009 ; Guédron 2012).

L'analyse du mercure présent sur la fraction solide du sol, est effectué sur échantillon lyophilisé, broyé et tamisé à $63\mu\text{m}$. Cet échantillon est analysé par combustion ; le mercure est alors pré-concentré par amalgamation puis détecté et quantifié par absorption atomique à 253.95nm . Les analyses sont contrôlées par un standard certifié MESS-3 et permettent d'obtenir une limite de quantification de $0,007 \text{ ng.mg}^{-1}$ et une reproductibilité supérieure à 7%.

Références :

- Bloom, N., 1989.. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46, 1131-1140.
- Cossa, D., Averty, B., Pirrone, N. . *Limnol. Oceanogr* , 2009, 54, 837-844.
- Cossa, D., Averty, B., Bretaudeau, J., Senard, A.S., 2003. Méthodes d'analyse en milieu marin.27pp.
- Guédron, S., Hugué, L., Vignati, D.A.L., Liu, B., Gimbert, F., Ferrari, B.J.D., Zonta, R., Dominik, J., *Marine Chemistry*, 2012. 130-131, 1-11.

Détermination et suivi temporel de l'humidité des sols : Bénéfice d'une approche couplée

Bièvre, G.^{1*} et Oxarango, L.²

¹ ISTerre, 1381 rue de la piscine, 38400 Saint Martin d'Hères, France.

² Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie & Environnement – UMR 5564
Domaine Universitaire / OSUG-B, 70, rue de la Physique, 38400 Saint Martin d'Hères.

* Corresponding author: gregory.bievre@obs.ujf-grenoble.fr

La teneur en eau du sol est une variable essentielle dans un grand nombre de domaines d'étude : géotechnique en conditions de sécheresse, agronomie, bilan d'humidité en hydrologie de surface... Un large panel d'instruments permet de mesurer la teneur en eau avec différentes résolutions spatiales et temporelles. L'utilisation couplée de méthodes ponctuelles, diagraphiques et spatialisées (en 2D ou 3D) permet d'obtenir une mesure fiable et distribuée en exploitant au mieux les avantages de chaque dispositif. Afin d'illustrer cette démarche, l'étude de la frange superficielle d'un glissement de terrain argileux sera présentée (Avignonet, Isère).

Les teneurs en eau ont été déterminées par tomographies de résistivité électrique (ERT), réalisées à différentes périodes de l'année, et par diagraphies neutroniques. L'ensemble des résultats a été comparé à des mesures d'humidité par 5 sondes TDR permanentes.

Les résultats (sur les 4 premiers mètres du sous-sol) indiquent une bonne cohérence des mesures entre elles ($0.25 < \theta < 0.6$) et avec les chroniques météorologiques. Les pesées gravimétriques utilisées pour calibrer les diagraphies présentent de fortes variations verticales, attribuables à une anisotropie marquée du matériau. Les diagraphies nucléaires fournissent une mesure détaillée en 1D, indiquant la présence de 2 petites nappes perchées (0.5 et 1.5/2 m de profondeur) au-dessus d'une nappe plus en profondeur. Les mesures ERT fournissent une image 2D de la répartition d'humidité du sous-sol et permettent de mettre en évidence des zones d'infiltration préférentielle au droit de fissures observées en surface. Toutefois, elles présentent une intégration volumique et, vraisemblablement, une sensibilité aux effets 3D, qui ne permettent pas une résolution verticale aussi détaillée que les diagraphies.

La comparaison de différentes techniques géophysiques pour le suivi de la teneur en eau du sous-sol au sein d'un glissement de terrain argileux présente des résultats cohérents et indique que ces techniques sont adaptées pour monitorer les variations de teneur en eau. La combinaison de l'ERT et des diagraphies neutroniques permet en outre de combiner imagerie 2D (variations latérales) et résolution verticale importante.

L'appareil prototype RMP Echantillon : un nouvel outil pour la caractérisation hydrique des sols.

Guyard, H.*; Legchenko, A. ; Descloitres M.

LTHE, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9

* Corresponding author: helene.guyard@ird.fr

L'appareil de mesure RMP Echantillon, a été conçu et réalisé au LTHE. Son principe de fonctionnement est basé sur le phénomène de résonance magnétique des protons d'hydrogène de la molécule d'eau dans le champ magnétique terrestre. L'appareil RMP Echantillon émet un champ magnétique perturbateur, et modifie ainsi l'équilibre des atomes d'hydrogène. A la coupure de ce champ magnétique, les atomes d'hydrogène émettent, en revenant à leur état d'équilibre, un champ magnétique de relaxation qui est mesuré par l'appareil.

Ce principe de mesure, et le protocole de mesure associé sont similaires à ceux utilisés par des appareils RMP terrain (NUMIS d'IRIS instrument), ce qui nous permet de faire des rapprochements entre nos mesures sur échantillon et les mesures terrain effectués sur les mêmes sols. Ce principe de mesure et les phénomènes physiques associés sont présentés dans de nombreux articles (Legchenko et Valla, 2002 ; Vouillamoz, 2003). Cet appareil permet d'évaluer la teneur en eau d'un échantillon et les temps de relaxation du signal mesuré qui sont caractéristiques du comportement hydrique du milieu étudié.

L'appareil se compose a) d'une bobine émettrice ; b) d'une bobine réceptrice intégrée dans la bobine émettrice ; c) d'un générateur de courant de puissance ; d) d'un boîtier récepteur, acquisition de données et contrôle ; e) d'un ordinateur portable (fig. 1).

Nous avons utilisé ce prototype pour caractériser les paramètres hydrologiques de la zone de battance de la nappe souterraine, du site de Naolou, au Nord Bénin (Guyard et al, 2010). Nous avons effectués des mesures sur des échantillons non remaniés et non saturés prélevés dans une fosse pédologique qui a été l'objet de différentes études.

La comparaison de nos mesures avec celle effectués avec l'appareil terrain (Numis Lite d'Iris Instrument), montre que l'estimation du temps de relaxation T_1 est du même ordre de grandeur quelque soit l'appareil utilisé, par contre, la teneur en eau mesurée par l'appareil RMP Echantillon est supérieure à celle des mesures terrain. Nos résultats nous ont aussi permis d'évaluer une conductivité hydraulique à saturation, que nous avons pu comparer avec d'autres mesures hydrologiques classiques.

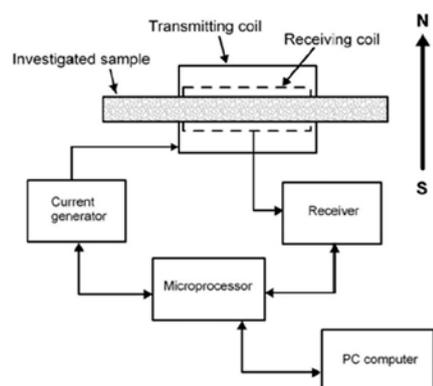


Figure 1: Différents éléments de l'appareil prototype RMP Echantillon

Bibliographie :

Guyard, H., Descloitres, M., Afouda, S., Ouani, T., 2011 « Caractéristiques hydrogéophysiques des altérites de la fosse dite de Saré Nahou Nord Bénin. Mesures de Résonance Magnétique des Protons sur échantillons non remaniés et non saturés. », Rapport de mission IRD, LTHE, 26 pages, 16 figures, 3 tableaux.

Legchenko A. et Valla P. (2002). A review of the basic principles for proton magnetic resonance sounding measurements. *Journal of Applied Geophysics* **50**, pp. 3–19.

Vouillamoz, J. M. (2003), La caractérisation des aquifères par une méthode non-invasive: les sondage par résonance magnétique protonique. Thèse de Doctorat, Université Paris-Sud (Paris XI), France.

Session 3 :

Processus bio-physico-chimiques et contaminants des sols

(Chairs: Céline Duwig, Géraldine Sarret)

Connaître la couverture pédologique pour prévoir le devenir de contaminants :

Exemple du mercure dans les sols amazoniens

Grimaldi, M.

Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR 211 Bioemco - Centre IRD
France-Nord, 32, av. H. Varagnat, 93143 Bondy cedex

* Corresponding author: *michel.grimaldi@ird.fr*

Le sol est souvent assimilé à un puits de mercure d'origine atmosphérique (Mason et al., 1994). C'est le cas des ferralsols qui se forment en climat tropical humide, dont la richesse en oxydes et la structure, assurant un drainage de l'eau efficient et des conditions oxydantes, favorisent la séquestration du mercure. Les recherches menées en Guyane et dans d'autres régions amazoniennes mettent cependant en évidence une variabilité spatiale élevée de la contamination mercurielle du sol (Roulet et al., 1998 ; Guédron et al., 2006). Indépendante des fortes pollutions locales générées par les chantiers d'orpaillage (Guédron et al., 2006 & 2009), cette variabilité résulte des deux processus de transformation des ferralsols, actifs dans les conditions tectoniques et climatiques actuelles de l'Amazonie : l'érosion et l'hydromorphie. Ces processus déterminent la mobilisation du mercure, c'est-à-dire son émission vers l'atmosphère (Peretyazhko et al., 2005) ou vers l'hydrosphère (Grimaldi et al., 2008), parfois sous la forme la plus toxique et bioaccumulable (Guédron et al., 2011). Ils sont par ailleurs considérablement amplifiés par l'exploitation aurifère, comme par la déforestation ou l'installation de pâturages (Farella et al., 2006). En fonction de leurs propriétés, les sols jouent donc un rôle de puits ou de source à l'égard du mercure. La connaissance des sols, de leur fonctionnement et de leur évolution, est essentielle pour évaluer le risque environnemental et sanitaire.

Références

- Grimaldi, C.; Grimaldi, M.; Guédron, S. *Science of the Total Environment*, **2008**, 401: 121–129.
- Guédron, S.; Grimaldi, C.; Chauvel, C.; Spadini, L.; Grimaldi, M. *Appl Geochem*, **2006**, 21(11):2010–2022.
- Guédron, S.; Grangeon, S.; Lanson, B.; Grimaldi, M. *Geoderma*, **2009**, 153: 331–346.
- Guédron, S.; Grimaldi, M.; Grimaldi, C.; Cossa, D.; Tisserand, D.; Charlet, L. *Water Research*, **2011**, 45 (8): 2659–2669.
- Mason, R.P.; Fitzgerald, W.F.; Morel, F.M.M. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **1994**, 58(15): 3191–3198.
- Farella, N.; Lucotte, M.; Davidson, R.; Daigle, S. *Science of the Total Environment*, **2006**, 120: 449–462.
- Peretyazhko, T.; Charlet, L.; Grimaldi, M. *European Journal of Soil Science*, **2005**, 57: 190–199.
- Roulet, M.; Lucotte, M.; Saint-Aubin, A.; Tran, S.; Rhéault, I.; Farella, N. *Science of the Total Environment*, **1998**, 223: 1–24.

Un sol, un verre, un ordinateur - ne pas oublier l'eau -

Spadini, L^{1*}, Morel, M-C^{1,2}, Duwig, C¹, Martins, J.M.F.¹

¹*LTHE (Grenoble) (UMR 5564 CNRS/INPG/IRD/UJF) Bâtiment OSUG B Domaine universitaire BP 53 38041 Grenoble cedex 09, FRANCE.*

²*Conservatoire National des Arts et Métiers, 292 rue Saint Martin 75141 Paris cedex 03*

* Corresponding author: Lorenzo.spadini@ujf-grenoble.fr

L'objet de cette contribution est de présenter des notions de chimie des sols à un auditoire peu familier avec cette discipline. Le sol, milieu complexe par nature, peut être assimilé à un modèle de réacteur (biogéo)chimique. Cette approche volontairement réductrice permet de se focaliser, et finalement d'extraire les paramètres chimiques essentiels conditionnant la mobilité de polluants métalliques et organiques tels la solubilité, le potentiel redox, la respiration, la matière organique, la réactivité, le (tampon) pH.

Ces termes seront expliqués et leurs interdépendances présentées de façon compréhensible en décrivant la distribution des métaux et leur évolution temporelle dans les différents réservoirs aqueux et terrestres des environs de la mine de zinc de St. Laurent le Minier (pollution Zn, Cd, Pb, As d'un sol carbonaté). La distribution des métaux sera abordée à différentes échelles d'observation, et les résultats, donnant lieu à des interprétations parfois contradictoires, seront présentés. Finalement, nous discuterons l'utilité et les limites dans un tel contexte d'un outil de modélisation de spéciation chimique.

Le mode de gestion des intrants organiques des sols à l'échelle de la parcelle contrôle la distribution, la biodisponibilité, l'impact et la mobilité du cuivre dans les micro-agrégats des sols viticoles

Martins, J.M.F.* , Navel, A., Lejon, D., Vince, E., Spadini, L.

Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie & Environnement – UMR 5564. Domaine Universitaire. OSUG-B, 70, rue de la Physique, 38400 Saint Martin d'Hères.

* Corresponding author: jean.martins@ujf-grenoble.fr

Le présent projet se proposait d'étudier le devenir et les effets sur le moyen terme d'une pollution chronique et diffuse que constitue le cuivre, ajouté sous forme de bouillie bordelaise dans les sols sous vigne. Nous avons suivi l'évolution de la spéciation solide et liquide du cuivre, sa biodisponibilité et sa mobilité, son impact sur la biocénose (microflore tellurique) et sur la matière organique des sols (c'est-à-dire sur sa structure moléculaire, sa granulométrie, sa distribution et sa solubilité). Par l'étude simultanée de ces grandeurs dans le temps nous avons caractérisé l'impact d'un apport de cuivre «anthropique» et l'interdépendance des grandeurs analysées. Pour cela, des échantillons de parcelles expérimentales qui ont été amendées ou non en matière organique durant 20 ans ont été prélevés, puis vieillis durant deux ans dans des mini-cases lysimétriques en conditions climatiques contrôlées, après avoir été contaminés ou non en cuivre. Les analyses ont été effectuées sur des échantillons prélevés tout au long des 24 mois d'incubation des sols non amendé (NA) et amendé en compost de conifère (CC) et contaminés (Cu) ou non (W) en Cu. Ces analyses *ex situ* effectuées sur des échantillons homogénéisés ont été comparées à des analyses ponctuelles d'échantillons prélevés annuellement *in situ*, sur une partie isolée de la parcelle expérimentale. Les résultats obtenus nous ont permis de caractériser les relations entre la spéciation et la réactivité du cuivre avec les différents constituants des sols sous vigne, son impact sur la microflore des sols et sa mobilité potentielle sous deux conditions particulières de gestion des sols.

Ainsi, nous avons montré l'importance du statut organique du sol et de sa micro-structuration spatiale qui contrôlent d'une part la distribution du cuivre dans les différents compartiments granulométriques du sol, sa spéciation mais aussi sa biodisponibilité et donc son impact sur les populations bactériennes. La mobilité du cuivre dans le sol est également fortement impactée par un amendement organique qui présente donc d'un côté un effet protecteur vis-à-vis de la microflore et d'un autre côté un effet néfaste en termes de risque de transfert vers les milieux souterrains.

La gestion des sols naturels sous vigne doit donc reposer sur une approche raisonnée des amendements organiques en posant clairement leurs avantages et inconvénients en relation avec l'écotoxicité et l'écodynamique du cuivre.

Contamination polymétallique des sols agricoles du plus grand système d'irrigation du monde par les eaux usées de la ville de Mexico – vallée du Mezquital (Mexique)

Guédron, S.^{1*}, Duwig, C.², Grangeon, S.³

¹ ISTerre, 1381 rue de la piscine, 38400 Saint Martin d'Hères, France.

² Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie & Environnement – UMR 5564

Domaine Universitaire / OSUG-B, 70, rue de la Physique, 38400 Saint Martin d'Hères.

³. BRGM, 3 avenue Claude-Guillemain - BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2

* Corresponding author: stephane.guedron@ird.fr

La gestion de la ressource en eau est un enjeu majeur dans le bassin de Mexico qui concentre 19% de la population du Mexique et plus de 45% de son activité industrielle. 90% des eaux usées non traitées issues de la ville de Mexico, représentant un flux d'environ 45 m³ s⁻¹, irrigue une surface de près de 1000 km², transformant la vallée semi-aride du Mezquital en un site de forte production agricole (Siebe, 1995).

L'analyse de profils de sols (Haplic Phaeozems) cultivés et irrigués par ces eaux usées a mis en évidence la très forte capacité de rétention des contaminants métalliques divalents et trivalents (i.e., Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, etc.) dans les horizons de surface des sols. La comparaison des teneurs en métaux dans ces sols irrigués depuis plus de 80 ans à celles de sols sous pluviométrie naturelle a montré des enrichissements d'un facteur 3 à 5 pour Zn, Cu, Pb et Cd, et d'un facteur 30 pour le Hg. Bien que ces teneurs soient élevées, elles ne dépassent pas les normes européenne et américaine définies pour l'épandage de boues de station d'épuration. Les extractions sélectives à l'EDTA et à l'eau dé-ionisée ont mis en évidence une faible labilité et biodisponibilité des métaux étudiés.

Au cours du suivi d'un événement d'irrigation, l'échantillonnage temporel des eaux de surface et porales du sol ainsi que le suivi des paramètres physico-chimiques de ces eaux a mis en évidence des phénomènes de sorption très rapides des métaux dissous sur les horizons de surface lors de la percolation et de l'oxydation des eaux usées. Le pH neutre à basique et le fort enrichissement en matière organique de ces sols favorisent fortement la sorption de ces contaminants métalliques sur la matière organique, les argiles et les oxydes de fer. A l'inverse, du fait de la charge globale négative des sols et des fortes teneurs en tensio-actif des eaux usées, les métalloïdes (As, Sb) au comportement oxy-anioniques sont très faiblement retenus et transférés dans la nappe phréatique superficielle.

Cette étude met en évidence l'utilisation de l'objet sol par l'homme comme « bio-filtre » pour le traitement des eaux usées et soulève de nombreuses questions en liens aux risques sanitaires associés à la consommation des produits de l'agriculture cultivés sur des sols dont la contamination est modérée mais polymétallique.

Référence

Siebe, C., Wat. Sci. Tech., 1995.. 32, 29-34.

La pollution élémentaire des sols par les apports anthropiques transférés par voie atmosphérique. Une approche par combinaison de méthodes

Catinon, M.¹, Ayrault, S.^{2*}, Reynaud, S.¹, Tissut, M.¹

¹ Laboratoire LECA, UMR 5553, Equipe Perturbations Environnementales et Xénobiotiques, Univ. J. Fourier, Grenoble, France

² Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, UMR 1572, CEA-CNRS-UVSQ/IPSL, Gif-sur-Yvette, France

* Corresponding author: sophie.ayrault@lsce.ipsl.fr

Les sols de surface représentent des ensembles structurés très complexes, issus à la fois d'une contribution géologique et d'une contribution biologique auxquelles se superpose une contribution anthropique parfois très forte (engrais, boues urbaines, dépôt atmosphérique...). Un outil de perception des changements de composition élémentaire d'un sol consiste à mesurer, pour chaque élément, un facteur d'enrichissement par comparaison avec une référence conventionnelle (Reimann and de Caritat, 2005).

Notre équipe a proposé une méthode d'évaluation des apports élémentaires anthropiques, applicable à différents types de matrices : « the atmospheric anthropic elements fraction » (AAEF ; Catinon et al., 2009). En pratique, elle isole différents types d'apports atmosphériques potentiellement soumis à la déposition, c'est-à-dire rejoignant finalement les sols, collectés sur des supports inertes séparables. Leur analyse élémentaire détaillée (ICP-MS) est croisée avec des démarches de fractionnement (taille des particules, densité, solubilité dans l'eau et dans HNO₃ 2N, fractions magnétiques, etc.) qui mènent à des analyses multi-élémentaires et à des observations en MEB-EDX de chaque fraction séparée. Ces observations démontrent la présence de plusieurs classes de particules (indépendamment de la fraction géogénique), de compositions très différentes et qui, pour certaines, comme les cendres volantes (« fly ashes » ; Figure 1), sont porteuses d'une signature anthropique remarquablement explicite. En ce qui concerne le plomb, la mesure du rapport ²⁰⁶Pb /²⁰⁸Pb permet de dissocier le « gazoline type » des « pré-gazoline types », y compris le plomb géogénique local. Les résultats de ces études convergent pour constituer une base d'évaluation de la dangerosité environnementale des apports atmosphériques polluants élémentaires dans les sols.

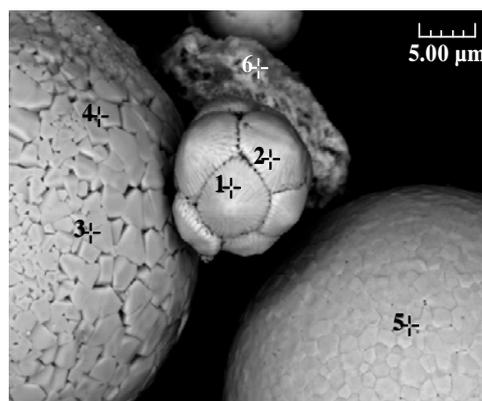


Figure 1. Différents types de cendres volantes (« fly ashes ») d'origine sidérurgique purifiées (MEB-EDX)

Références

Catinon, M., Ayrault, S., Clocchiatti, R., Boudouma, O., Asta, J., Tissut, M., Ravanel, P., Atmos. Environ. 2009, 43, 1124-1130.

Reimann, C., de Caritat, P., The Science of the Total Environment , 2005,337, 91-107.

Rôle des propriétés géochimiques du sol dans le transfert réactif des polluants émergents : cas de l'antibiotique Sulfaméthoxazole

Morel, M.-C.^{1,2*}, Spadini, L.¹, Duwig, C.¹, Brimo, K.¹, Martins, J.M.F.¹

¹LTHE, UMR 5564 (CNRS/INPG/IRD/UJF), Bâtiment OSUG B, Domaine universitaire, BP 53 38041 Grenoble cedex 09, FRANCE

²Conservatoire National des Arts et Métiers, 292 rue Saint Martin 75141 Paris cedex 03

* Corresponding author: marie-christine.morel@ujf-grenoble.fr

Ces travaux s'insèrent dans une thématique de recherche développée au LTHE dans l'équipe TRANSPORE ayant pour objectif l'acquisition d'une bonne connaissance de la chimie des interactions des polluants organiques émergents, tels que les produits pharmaceutiques (PP), avec la solution du sol (la concentration des bivalents majeurs et la matière organique dissoute en particulier) et la phase solide (phases minérales du sol). Nous cherchons à comprendre les descripteurs chimiques et physiques qui conditionnent les interactions et le transfert des PP dans les sols. L'objectif à court terme est d'améliorer la compréhension du transfert réactif sur une base de développement de modèles prédictifs. A plus long terme, l'objectif est de prédire à l'aide de paramètres facilement mesurables comme les propriétés physico-chimiques de la molécule étudiée (solubilité, ionisation, groupements fonctionnels réactifs) et du sol (pH, teneurs en MO et en cations majeurs, autres composantes réactives du sol) les propriétés de transfert de ces molécules dans les sols naturels. La demande sociétale de ce projet s'inscrit dans la directive cadre eau européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000, qui stipule qu'il est nécessaire de mieux comprendre la spéciation de ces molécules de synthèse pour optimiser les recherches en écotoxicologie, la prévention du risque chimique et le maintien de la qualité des ressources en eau.

Un premier travail sur un antibiotique de la famille des sulfonamides a été réalisé sur un sol limoneux sous vigne (Cambisol de Clessé, Bourgogne, France) en présence et en absence de cuivre. Par une combinaison de méthodes spectroscopiques et titrimétriques, nous avons identifié le site de cette molécule réagissant avec le cuivre. Des isothermes de sorption du SMX sur le sol limoneux modèle ont été obtenues et modélisées avec GRFIT. La combinaison des données expérimentales avec le modèle de spéciation en milieu homogène a permis d'identifier les variables contrôlant la rétention de ce polluant dans ce sol.

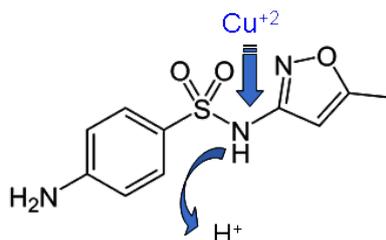


Figure 1. Mécanismes réactionnel du groupe fonctionnel Sulfonamide complexant le cuivre (Morel et al., 2011)

Les résultats de cette étude montrent qu'il est possible d'évaluer le comportement des PP dans les milieux naturels à l'aide d'outils relativement simples et avec des conditions expérimentales pertinentes.

Référence

Morel, M.-C., Spadini, L., Brimo, K., Martins, J.M.F. Fate of emerging organic pollutants (Antibiotics) in soils: the role of metal complexation. International Symposium on Interactions of Soil Minerals with Organic Components and Microorganisms (ISMOM). Montpellier, June 2011.

The cumulative effects of repetitive flooding on the mobility of redox sensitive contaminants in soil

Parsons, C.¹, Couture, R.M.², Omeregje, E.O.³, Bardelli, F.¹, Greneche, J.M.⁴, Roman-Ross, G.⁵, Charlet, L.¹.

¹ Environmental Geochemistry Group, ISTerre, University of Grenoble I, France

² Department of Earth and Environmental Sciences, University of Waterloo, Canada

³ School of Earth, Atmospheric and Environmental Sciences, The University of Manchester, UK

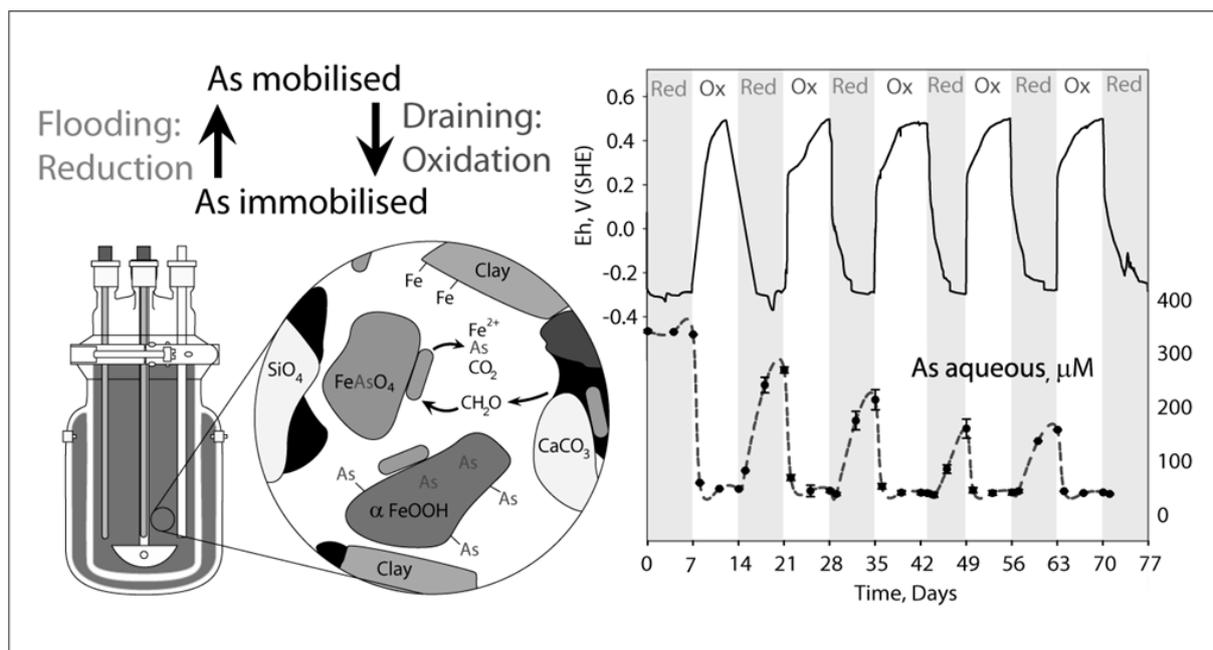
⁴ Laboratoire de Physique de L'Etat Condensé, UMR CNRS 6087, Université du Maine, France

⁵ Department of Chemistry, University of Girona, Spain

* Corresponding author: chris.parsons@aquatrain.eu

Contamination of soils with metals and metalloids is extensive, particularly in areas with a legacy of industrial activity or geogenic contaminant sources. Many such contaminants including Cr, As, Se, Hg and U are highly sensitive to fluctuations in soil redox conditions caused by flooding, resulting in dramatic changes to their toxicity and mobility. Whilst for many contaminants the initial effects of flooding on contaminant availability are well studied, the cumulative hydrological and biogeochemical effects of seasonal flooding and draining cycles on the soil matrix and long term contaminant mobility remain poorly understood.

In the case of arsenic we show through an innovative combination of bio-reactor experiments, spectroscopic techniques and thermodynamic and kinetic modelling that *in situ* biological and mineralogical changes caused by repetitive redox cycling can act to decrease mobility during reducing conditions. The mechanisms responsible are identified as the depletion of biologically degradable organic carbon, increasing co-precipitation of aqueous or sorbed arsenic with α -FeOOH/Fe(OH)₃ and precipitation of discrete ferric arsenate phases.



**Air-soil exchange of PAH and PCB from Alps soils:
computational and experimental data**

Besse, J.^{1*}, David, B., Besombes, J.-L., Naffrechoux, E.

¹Université de Savoie, LCME, 73376 Le Bourget du Lac – France

* Corresponding author: *julie.besse@univ-savoie.fr*

It is well known now that environmental pollution by semi-volatile organic compounds (SVOC) is a sad reality, even in remote areas such as mountains, like Alps (Tremolada et al., 2008). Because these compounds are relatively stable towards biological and photochemical degradation processes, they are persistent in the environment, especially in soils where they deposit after a long range atmospheric transport. The “grasshopper” effect, i.e. the result of volatilization/condensation cycles, is one of the main mechanism which can explain the presence of SVOC in mountain areas.

Presence of organic compounds in Massif des Bauges (Revard) in the French Alps has been experimentally evidenced by registering the corresponding PAH and PCB levels in environmental matrixes (air, soil, snow, water). In this work, we focused our attention on the volatilization of SVOC from soils towards the atmosphere. This topic is not yet extensively studied in the literature (Bidleman and Leone, 2004; Cabrerizo et al., 2011a,b) whereas it can explain why pollutants such as PCB, which are no more emitted by industrial plants since 1970s, are still registered in the atmosphere. In addition, this phenomenon can be of health concern (release of compounds in water and air), especially during summer period.

The quantification of PAH flows volatilized from two different soils (brunisoil and organosoil) has then been investigated by means of computational model developed by the Centre for Environmental Modelling and Chemistry (SOIL[®] - 2011) and by experimental on-site campaign. SOIL[®] model focuses on the partition of SVOC within the soil compartments: organic and mineral solid matter, gaseous phase of soil, soil solution and roots. This model also allows to identify the main ways of SVOC transfer in the environment especially towards the volatilization and leaching phenomenon. Results computed with the help the model are then compared to experimental data, where PAH and PCB concentration levels have been measured in the air (1.5 m above the soil), in the atmospheric depositions (wet and dry), in the soil itself, in waters (infiltration water and soil solution) and also emitted from the soil in the gas and particulate phases (3 cm above the soil). The corresponding mass balances of compounds are then drawn.

References

- Bidleman, T.F., Leone, A.D., 2004. Soil-air exchange of organochlorine pesticides in the Southern United States. *Environmental Pollution* 128, 49-57.
- Cabrerizo, A., Dachs, J., Moeckel, C., Ojeda, M.a.-J., Caballero, G., Barcelo, D., Jones, K.C., 2011a. Factors Influencing the Soil-Air Partitioning and the Strength of Soils as a Secondary Source of Polychlorinated Biphenyls to the Atmosphere. *Environmental Science & Technology* 45, 4785-4792.
- Cabrerizo, A., Dachs, J., Moeckel, C., Ojeda, M.a.-J., Caballero, G., Barcelo, D., Jones, K.C., 2011b. Ubiquitous Net Volatilization of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Soils and Parameters Influencing Their Soil-Air Partitioning. *Environmental Science & Technology* 45, 4740-4747.
- Tremolada, P., Villa, S., Bazzarin, P., Bizzotto, E., Comolli, R., Vighi, M., 2008. POPs in Mountain Soils from the Alps and Andes: Suggestions for a 'Precipitation Effect' on Altitudinal Gradients. *Water, Air, & Soil Pollution* 188, 93-109.



Première journée de l'atelier transversal « SOLS » de l'OSUG

Vendredi 30 Mars 2012

Salle Manuel Forestini

OSUG, Domaine Universitaire, 414, rue de la piscine, Saint Martin d'Hères

Les sols sont étudiés dans les laboratoires de l'OSUG sous des angles différents. Cette journée a pour but de favoriser les échanges sur cette thématique, et de mieux connaître les équipements disponibles dans les différents laboratoires.

Thèmes abordés

1. Constituants et propriétés des sols
2. Les outils de caractérisation des sols à l'OSUG
3. Processus bio-physico-chimiques et contaminants des sols

Comité d'organisation :

Céline Duwig, Jean Martins, LTHE
Muriel Raveton, Jean-Christophe Clément, LECA
Lauric Cécillon, Irstea
Stéphane Guéron, Géraldine Sarret, ISTerre