

## Poster

Mardi 13 février

Heure: 10:00 - 10:30

15:00-15:30

GÉRALDINE BULLINGER

iTEC, HEIA-FR, HES-SO

University of applied Sciences and Arts Western Switzerland

[Geraldine.Bullinger@hefr.ch](mailto:Geraldine.Bullinger@hefr.ch)

Session: Sol, sous-sol et qualité de l'environnement

### Contribution of urban soils to microclimate regulation: the THER-SOL project, a case study in Geneva (Switzerland)

Bullinger Géraldine, Froidevaux Manuel, Spahni Bruno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> iTEC, HEIA-FR, HES-SO University of applied Sciences and Arts Western Switzerland, Fribourg, Switzerland

In urban areas, massive densification and land use modifications lead to a change in urban microclimate, characterized by urban heat islands (UHI). UHI incite, within the same city, important differences in temperature depending, to a high degree, on the type of available ground surface (e.g. impermeable and permeable surfaces, waterbodies, parks, etc.). UHI cause numerous negative consequences on the water cycle and the well-being of the urban citizens, in particular. In this context, urban soils are of great interest for mitigating UHI because of their regulating function.

The aim of this study was to understand the impact of urban soil on urban microclimate mitigation at the local scale. Different measurements performed in the Plainpalais plain (City of Geneva, Switzerland) permit to compare two types of permeable surface: a mineral layer – ghorr de Beaujolais, a crushed red granite – and a vegetated engineered soil in a city park. The measurements between the soil, the urban surfaces and the atmosphere concerned sensible heat flux (H), sub-surface heat flux (G), net radiation (infrared radiation RIR and visible radiation Rvis). Thermocouples and thermometers were placed at 8 cm depth to evaluate G and at 3 m height to evaluate G and net radiation. Data was collected during ten consecutive days in summer 2015.

The results of the project show that the ideal surface with a thermally regulating function is a surface with high retention and thus, energy storage capacity. In a green space smaller than or equal to the studied park, the evapotranspiration brings a notable refreshing effect. During hot season, dark and dry exposed zones provoke a strong increase of temperature. Nevertheless, a rain event permits to decrease the sensible heat flux on the mineral layer. Concerning the sub-surface heat flux, results indicate that the mineral surface leads to higher values and more quickly than the urban soil. Moreover, the surface temperature of the ghorr surface is higher than that of the urban soil, implying a more important radiation flow. Consequently, net radiation is higher for the urban soil where more energy is transformed even if the mineral surface is darker. The refreshment potential of a permeable surface is thus mainly linked to its evaporation potential.

## Présentation orale

Mardi 13 février

Heure: 11:20 - 11:40

Salle: Géopolis - 1620

PIETRO DE ANNA

Université de Lausanne, FGSE

Institut des sciences de la terre

[pietro.deanna@unil.ch](mailto:pietro.deanna@unil.ch)

Session: Sol, sous-sol et qualité de l'environnement

## Prédiction de la distribution des faibles vitesses à partir des propriétés statistiques de la structure d'un milieu poreux simple

Pietro de Anna<sup>1</sup>, Bryan Quaife<sup>2</sup>, George Biros<sup>3</sup>, Ruben Juanes<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Université de Lausanne, Faculté des géosciences et de l'environnement, Institut des sciences de la terre

<sup>2</sup> Florida State University

<sup>3</sup> University of Texas at Austin

<sup>4</sup> Massachusetts Institute of Technology

Les propriétés macroscopiques des phénomènes d'écoulement et transport à travers le sous-sol sont la directe séquence de la structure microscopique du milieu naturel. Cependant, les relations précises qui caractérisent le flux et le transport à partir des propriétés détaillées du désordre à l'échelle des pores reste insaisissable. On présente, ici, un étude de la relation entre la structure des pores, le flux résultant et le comportement asymptotique du transport de fluide dans des géométries 2D simples (de poteaux circulaires non chevauchants). Nous dérivons une relation analytique entre la distribution de taille de pores  $f \sim l^{-b}$  et la distribution des faibles vitesses de fluide  $p \sim u^{-(b/2)}$ , basé sur le modèle conceptuel de porelets (le flux établi dans chaque pore, ici un écoulement Hagen-Poiseuille). Ce modèle nous permet de faire des prédictions pour les statistiques asymptotiques de transport des particules de fluide le long de leur propre trajectoires. Ces prédictions sont confirmées par des simulations du flux de Stokes et transport advectif. Le cadre proposé peut être étendu à d'autres configurations pouvant être représenté comme une collection de distributions de flux connues.

## Poster

Mardi 13 février

Heure: 10:00 - 10:30

15:00-15:30

SHANNON DYER

Université de Lausanne

Institut des dynamiques de la surface terrestre

[Shannon.Dyer@unil.ch](mailto:Shannon.Dyer@unil.ch)

Session: Sol, sous-sol et qualité de l'environnement

### Water cycle in the Northern Kalahari

Shannon Dyer<sup>1</sup>, Torsten W. Vennemann<sup>1</sup>, Éric P. Verrecchia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Lausanne, Faculté des géosciences et de l'environnement, Institut des dynamiques de la surface terrestre

The Northern Kalahari drainage, composed by the Okavango, the Zambezi and the Kwando Rivers, has the particularity of being partially endoreic. Large swamps characterize these hydrological end points. For its water resources, the unique biodiversity at these locations is dependent on the annual flood pulse after the rain season that brings water at the entrance of the Kalahari Desert. The N-S climatic gradient, as well as the importance of the flood pulse to recharge groundwaters is isotopically observable in these waters. This catchment hydrology study propose a basis of understanding of this unique environment.

## **La protection des sols sur les chantiers, les principes, les enjeux ; une approche fribourgeoise**

Virginie Flury<sup>1</sup>, Dominique Gärtner<sup>1</sup>, Barbara Gfeller-Laban<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Service de l'agriculture de l'Etat de Fribourg

### 1. Définitions et bases légales

- Pourquoi protéger les sols ?
- Les sols sont dotés de différentes fonctions utiles à l'homme
- Les définitions du sol et champ d'application de la LPE
- Définitions du sol selon les acteurs actifs dans les domaines suivants : science du sol/pédologie, protection de l'environnement, génie civil
- Quelles atteintes peuvent subir les sols ? Quelles en sont les conséquences ?
- Atteintes chimiques, physiques et biologiques
- Explication des conséquences des différentes atteintes

### 2. Protection des sols sur les chantiers

- Les principes de bases
- Prévenir les pertes en sol et préserver leur fertilité
- Prévention
- Réduction des emprises et des décapages au minimum indispensable
- Valorisation des matériaux terreux
- Les objectifs
- Les agrégats du sol doivent rester intacts
- Les pores doivent être préservés
- L'épaisseur et l'ordre des couches doivent être respectés
- La réutilisation des matériaux terreux non pollués et de bonne qualité texturale hors du chantier doit être assurée
- Mesures techniques de protection des sols sur les chantiers
- Enherbement préalable des surfaces des emprises
- Protection des surfaces utilisées pour le chantier par un géotextile et une couche de grave
- Mesure de l'humidité des sols
- Choix des machines et des procédés de décapage
- Valorisation des matériaux terreux
- Valoriser en priorité sur place
- Valoriser dans les environs immédiats
- Valoriser sur un autre chantier
- En dernier recours : élimination en décharge
- Remise en culture après réhabilitation de sols

[suite à la prochaine page]

### 3. Procédures et exigences du canton de Fribourg, difficultés

- Procédures et exigences du canton de Fribourg
- Exigences standard pour de petits projets
- Exigences renforcées pour de gros projets -> un concept de gestion des sols sur le chantier doit accompagner le dossier, et le chantier doit être suivi par un spécialiste en protection des sols sur les chantiers (SPSC)
- 3 difficultés rencontrées régulièrement :
- Les exigences de la protection des sols ne sont souvent pas intégrées dans les soumissions
- Niveau de détail d'un concept de gestion des sols  
Le concept de gestion des sols n'est souvent pas encore (ne peut pas encore être?) abouti au moment de la préparation du dossier de permis de construire.
- Protection des sols sur le lieu de leur valorisation (hors site)  
Le suivi du SPSC s'arrête sur le chantier pour lequel il a été mandaté

### 4. Conclusions

- Exigences de la formation du pédologue « administratif » : connaissances et expériences multidisciplinaires dans plusieurs domaines : pédologie, autres compartiments de l'environnement, métiers de la construction, droit de l'environnement, techniques/pratiques en constante évolution
- Création d'une aide à la mise en œuvre cantonale pour inciter les maîtres d'ouvrage à se soucier de la protection des sols en amont de l'élaboration du projet + guider les maîtres d'ouvrages pour l'élaboration d'un concept de gestion des sols efficace
- ...

## Sorption du Pb et du Zn sur un oxyde de manganèse biogénique : impact sur le cycle des métaux dans les sols

Julia Gonzalez Holguera<sup>1</sup>, Imelda Dossou Etui<sup>1</sup>, Jasquelin Peña<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut des Dynamiques de la Surface Terrestre, Université de Lausanne, CH-1015, Lausanne

Les oxydes de manganèse ( $MnO_2$ ) sont des minéraux omniprésents dans les sols. Ils sont caractérisés par une très grande surface spécifique ainsi que par l'absence de certains ions Mn(IV) sur des sites cristallographiques. Ces caractéristiques favorisent la sorption de métaux sur  $MnO_2$ , ce qui en font des acteurs majeurs de la distribution et biodisponibilité des contaminants des sols, qu'ils soient d'origines géogéniques ou anthropogéniques.

La présence de Mn(III) sur les sites vacants peut néanmoins bloquer l'accès de métaux à ces sites réactifs. La matière organique en particulier peut induire une réduction partielle du Mn(IV) et donc enrichir le minéral en Mn(III). De plus, la précipitation de  $MnO_2$  dans les systèmes naturels étant gouvernée par des microorganismes,  $MnO_2$  est souvent incrusté dans de la biomasse microbienne. Bien que la fraction minérale contrôle les processus de sorption de cations inorganiques, la biomasse peut influencer ces processus, soit en contribuant directement à la capacité de sorption du composite, ou en passivant les sites réactifs à la surface du minéral.

L'objectif de cette étude est de comprendre les mécanismes gouvernant la sorption des métaux sur  $MnO_2$ , à travers des expériences de sorption et l'utilisation de techniques spectroscopiques de synchrotron. L'hypothèse est que l'affinité du minéral vis-à-vis de différents métaux présents dans des sites contaminés détermine l'accessibilité de ceux-ci aux sites réactifs à la surface de  $MnO_2$ , si besoin en déplaçant les autres métaux déjà présents.

Les métaux Pb(II) et Zn(II), choisis pour leurs positions de part et d'autre du Mn sur la séquence d'affinité pour  $MnO_2$ , ont été adsorbés sur le composite bio-minéral précipité par l'espèce bactérienne *Pseudomonas putida* GB-1. Les deux métaux ont montré une grande affinité pour la surface du minéral, mais la sorption du Pb(II) était particulièrement importante. Celle-ci était de plus associée au déplacement du Mn(II/III) déjà adsorbé sur le minéral, qui s'explique par la capacité du Pb(II), mais pas du Zn(II), à déplacer le Mn(III) qui occupe les sites vacants, en accord avec la série d'affinité Zn(II) > Mn(II) < Mn(III) < Pb(II) pour  $MnO_2$ . Le rapport entre la concentration en Pb(II) adsorbé et en Mn(II) relargué suggère que le Pb(II) induit la transformation du Mn(III) en Mn(II) et en Mn(IV). L'analyse d'échantillons grâce à des techniques spectroscopiques d'EXAFS permet de comprendre les mécanismes qui contrôlent la contribution de ces différents sites réactifs pour la sorption du Zn(II) et du Pb(II) dans différentes conditions.



## **Compsoil : comment améliorer la prise en compte qualitative du sol dans les procédures d'aménagement du territoire ?**

Florian Isenmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Lausanne, Faculté des géosciences et de l'environnement, Institut de géographie et de durabilité

Le projet Compsoil (financé par le FNS dans le cadre du PNR 68 « utilisation durable de la ressource sol ») est un projet pluridisciplinaire associant sciences politiques, sciences du sol et aide à la décision. Nous proposons de mettre en lien l'étude des politiques publiques et instruments encadrant l'accès à la ressource sol, les pratiques des acteurs qui la consomment, et les savoirs scientifiques et techniques qui la qualifient. En partant du constat d'une prise en compte insuffisante de la ressource dans les procédures d'aménagement, nous envisageons une solution d'aide à la décision non contraignante répondant aux besoins des acteurs.

Notre intervention aura pour but de présenter:

- i. Les résultats du travail de terrain sur les pratiques en matière de compensation dans les projets d'aménagement (compensation de zone à bâtir et compensation de surfaces d'assolement). Il s'agira notamment d'identifier les obstacles à l'intégration du sol dans les négociations et de mettre en lumière le rôle du plan sectoriel des surfaces d'assolement sur les représentations et pratiques liées au sol chez les professionnels du territoire.
- ii. L'index de qualité du sol simplifié que nous développons. Ce dernier poursuit une double objectif de simplicité et d'économie : basé sur un faible nombre d'indicateurs, il permet l'évaluation des fonctions de production agricole des sols. La construction de l'index passe par le recensement de 22 index dans la littérature et l'étude de la robustesse d'index simples (type MO/argile) par rapports aux dispositifs plus complexe type SMAF sur une série de 57 prélèvements de sol complets réalisés sur le canton de Vaud.
- iii. L'outil d'aide à la décision Compsoil. A partir d'une interface web-GIS couplée à l'index QS, nous comparons différents scénarios de projet entre eux et identifions ceux n'entraînant pas ou peu de perte nette en matière de qualité du sol. Il s'agit de transformer une contrainte une opportunité en proposant de nouveaux scénarios (de projet ou de compensation) et en préservant des espaces de négociation.
- iv. La recherche-action. Sur la base de cas semi-fictifs ou concrets, nous testons la capacité de de l'outil à agir sur le projet d'aménagement et à répondre aux objectifs initiaux : comment le dispositif se voit-il approprié par les acteurs, les scénarios proposés sont-ils viables, la prise en compte quantitative du sol dans le processus décisionnel est-elle facilitée ? Les terrains d'application prévus se concentrent sur des cas de compensation de surfaces d'assolement suite à un projet d'aménagement (consommation de SDA) et des procédures de réfection des plans locaux d'aménagement (ré-attribution des droits à bâtir, zonages-dézonages et retours de parcelles à la zone agricole).

## Poster

Mardi 13 février

Heure: 10:00 - 10:30

15:00 - 15:30

CAMILLE KERBOAS

Université de Lausanne

Institut des sciences de la terre

[camille.kerboas@unil.ch](mailto:camille.kerboas@unil.ch)

Session: Sol, sous-sol et qualité de l'environnement

## Couplage entre la croissance d'un biofilm et la perméabilité d'un milieu confiné

Camille Kerboas<sup>1</sup>, Sara Mitri<sup>2</sup>, Pietro de Anna<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Lausanne, Faculté des géosciences et de l'environnement

<sup>2</sup> Université de Lausanne, Faculté de biologie et de médecine

Les environnements de subsurface sont des systèmes complexes, où des minéraux, des fluides, des gaz et des organismes vivants interagissent, contrôlant les flux et la réactivité des éléments chimiques transportés, ainsi que la durabilité d'une large part de nos ressources en eau et énergie. Bien que des progrès importants aient été obtenus pour la caractérisation et la modélisation des écoulements et des processus de transport dans ces milieux, leur couplage avec l'activité biologique reste une question largement ouverte.

Les milieux poreux (comme une grande partie du sol et du sous-sol) sont caractérisés par un grand nombre de surfaces où des bactéries peuvent se développer en colonies multicellulaires immobiles, appelées biofilm, adhérant entre elles et aux surfaces solides, et marquées par la sécrétion d'une matrice adhésive et protectrice (EPS). Cependant, les mécanismes de formation et le taux de croissance de ces structures dans des conditions d'écoulement hétérogène, typique du milieu naturel, n'ont pas encore été étudiés de manière approfondie. En utilisant la vidéo-microscopie et des dispositifs microfluidiques, nous visualisons et quantifions la formation de biofilm et le taux de croissance dans des conditions d'écoulement contrôlées.

Les conditions hydrauliques du système changent dynamiquement avec la croissance de ces communautés qui, de leur part, dépendent de l'apport de nutriments, oxygène et minéraux par écoulement. On présente, ici, un étude du couplage de ces 2 mécanismes qui contrôlent le développement de l'activité microbienne dans les milieux naturels.



## Réponse de la végétation subalpine-alpine aux changements climatiques récents et conséquences sur la dynamique de la matière organique du sol

Magali Matteodo, Pascal Vittoz, Eric Verrecchia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Lausanne

L'impact du réchauffement climatique sur la flore des sommets alpins est bien connu, mais celui sur la végétation proche de la limite de la forêt l'est beaucoup moins. De plus, à ces altitudes, les études décrivant les sols, ainsi que les facteurs contrôlant leur distribution et la dynamique de la matière organique (MO) qu'ils contiennent, sont très peu nombreuses. Ces sols représentent des réservoirs importants de MO, surtout dans leur partie sommitale avec l'humus, réelle interface entre le minéral et le vivant (plantes, organismes du sol). Les caractéristiques de cette interface permettent de définir ce que l'on appelle les formes d'humus. Le futur de cette MO sous l'effet des changements climatiques reste très incertain. Pour mieux le comprendre, il est nécessaire d'identifier les facteurs écosystémiques (végétation, climat, topographie, matériel parental du sol, etc.) qui régissent la dynamique de la MO du sol. Le but de cette recherche était d'étudier (i) la réaction des principaux types de végétation subalpins-alpins aux changements climatiques récents, (ii) les sols et les formes d'humus auxquels ces types sont associés, et (iii) les facteurs écosystémiques qui contrôlent la distribution des formes d'humus et la stabilité de la MO dans l'environnement alpin.

Trois sites d'étude ont été sélectionnés dans les Alpes suisses. Huit types de végétation distribués entre 1700 et 2700 m d'altitude, et couvrant un gradient d'acidité et d'humidité du sol, ont été retenus. Des inventaires floristiques récents (2013-2014) ont été comparés avec des inventaires historiques (1964-1990), les sols et les formes d'humus correspondants ont été décrits, et la stabilité de la MO a été étudiée thermiquement.

Les différents types de végétation ont montré des réactions contrastées face aux changements climatiques récents. La composition et le recouvrement spécifique des pelouses calcaires et acides sont restés très stables. En revanche, les communautés végétales dépendantes d'un long enneigement (combes à neige) ont changé. Plusieurs espèces, arrivant des pelouses avoisinantes, ont colonisé ces milieux, probablement en raison des fontes des neiges progressivement plus précoces et des saisons de croissance plus longues.

Les facteurs écosystémiques qui contrôlent la dynamique de la MO sont apparus comme très variables d'un horizon à l'autre (l'horizon étant la couche de sol présentant des caractéristiques propres). La végétation influencerait la stabilité thermique de la MO dans la litière mais pas dans les autres horizons. En profondeur, dans les horizons avant tout minéraux, le taux d'approvisionnement en matériel organique frais et les caractéristiques physico-chimiques du sol contrôleraient la stabilité de la MO. Cette étude confirme donc que les facteurs affectant le destin de la MO du sol sont nombreux, spécifiques à la fois au type sol et à la profondeur considérés, et hautement interconnectés. L'évolution de la végétation induite par les changements climatiques récents va probablement avoir un impact limité sur la dynamique de la MO des sols de haute montagne.

## Présentation orale

Mardi 13 février

Heure: 15:50 - 16:10

Salle: Géopolis - 1620

ADRIEN MESTROT

Université de Berne

[adrien.mestrot@giub.unibe.ch](mailto:adrien.mestrot@giub.unibe.ch)

Session: Sol, sous-sol et qualité de l'environnement

## Mobilisation et transformations microbiennes des éléments trace métalliques

Adrien Mestrot<sup>1</sup>, Matthias Grob<sup>1</sup>, Sebastian Gygax<sup>1</sup>, Wolfgang Wilcke<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université de Berne

<sup>2</sup> Karlsruhe Institute of Technology

Les éléments traces métalliques tels que l'arsenic, l'antimoine et le mercure peuvent être présents à de très fortes concentrations dans les sols, en raison d'activités humaines (places de tir ou industrie) mais aussi naturelles (substrat rocheux riches en As). Ces métaux sont généralement inertes et liés aux oxydes et hydroxydes de fer et de manganèse dans des conditions oxydiques. Cependant, lorsque des inondations se produisent, elles peuvent être libérées dans l'eau poreuse par l'effet de la dissolution réductrice de ces oxydes et peuvent donc devenir disponibles pour les micro-organismes, les plantes et les animaux. L'étude de ce phénomène est d'autant plus pertinente de nos jours car les experts du climat prédisent une augmentation des événements météorologiques extrêmes (tels que les inondations) et car de nombreuses zones polluées sont situées dans des zones inondables.

De plus, l'arsenic, l'antimoine et le mercure, une fois libérés, peuvent être méthylés et volatilisés par des micro-organismes. Ces deux mécanismes biologiques relativement peu connus jouent un rôle important dans le cycle biogéochimique global de chaque métal. De plus, il est aussi nécessaire de mieux les comprendre afin de mener des évaluations appropriées de la pollution des sols. En effet, les micro-organismes transforment certains éléments trace métalliques en composés organométalliques (par exemple  $\text{Hg}^{2+}$  en méthylmercure,  $\text{MeHg}^+$ ) qui ont une toxicité, une mobilité et même des propriétés physico-chimiques différentes. Malheureusement, ces mécanismes ne sont pas bien compris, surtout dans les sols, et cela est dû en partie à un manque de méthodes d'analyse et d'échantillonnage appropriées. C'est particulièrement le cas pour l'antimoine, car très peu d'études se sont focalisées sur sa biométhylation et sa biovolatilisation bien que ce soit un composé toxique souvent comparé à l'arsenic.

Au cours de cette présentation, de nouveaux résultats sur la mobilisation de l'arsenic, de l'antimoine et du mercure lors de l'inondation de sols contaminés ainsi que sur l'influence des pratiques agricoles sur cette mobilisation seront présentés. De plus, de nouvelles méthodes analytiques pour échantillonner et analyser les différentes espèces chimiques méthylées et volatiles de ces trois polluants pertinents seront présentées. Ce sujet rassemble des chimistes analytiques, des microbiologistes et des pédologues et fournit un cadre pour étudier les conséquences futures de la pollution par les métaux lourds dans les sols.

## Filtration par des milieux poreux: le rôle de l'hétérogénéité des écoulements

Filippo Miele<sup>1</sup>, Pietro De Anna<sup>1</sup>, Marco Dentz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université de Lausanne

<sup>1</sup> IDAEA - CSIC

Le transport et le dépôt des particules colloïdales et des microbes dans les milieux poreux ont été l'objet d'une attention particulière afin de mieux comprendre ces processus dans le cadre de la filtration. Ils sont impliqués dans de nombreux phénomènes naturels, ainsi que dans des processus industriels et médicaux comme la prévention contre les maladies transmises par des microbes aquatiques, l'amélioration des systèmes de bio-remédiation, la protection de l'eau potable ou encore la filtration sur berge.

Les propriétés de transport complexes ont été observées dans de nombreuses expériences avec des colloïdes en milieux poreux. Les phénomènes de longue traînée et la distribution spatiale des particules déposées sont deux aspects cruciaux affectant le transport macroscopique, qui couple des processus non traités par l'approche classique (Classical Filtration Theory : CFT). Le point cardinal de la CFT est l'estimation du taux d'attachement,  $\alpha$ , supposé constant puis empiriquement estimé, à travers des procédures de fit, pour être en adéquation avec les données dans le contexte de la théorie de l'advection-dispersion. De plus, les approches stochastiques sont également généralement utilisées pour se rapprocher des données expérimentales, sans pour autant établir un lien direct avec les processus se déroulant à l'échelle des pores, là où la filtration a lieu.

Dans ce travail, nous examinons le rôle de l'hétérogénéité de l'écoulement à l'échelle des pores dans le processus de filtration à deux niveaux différents. Tout d'abord, à l'échelle microscopique, les simulations 2D de suivi de particules et les expériences microfluidiques feront ressortir les propriétés locales du transport entre les pores et de la filtration (fixation / détachement). Et ensuite, afin de fournir une vue d'ensemble du processus de filtration macroscopique, c'est-à-dire au niveau du milieu poreux, nous développerons une méthode numérique de marche aléatoire continue (CTRW) basée sur les paramètres directement mesurés par des simulations numériques à l'échelle du pore et des expériences microfluidiques.

## Poster

Mardi 13 février

Heure: 10:00 - 10:30

15:00-15:30

MARIE-SOPHIE RENEVIER

Université de Lausanne

[marie.sophie.renevier@gmail.com](mailto:marie.sophie.renevier@gmail.com)

### Session: Sol, sous-sol et qualité de l'environnement

## «BIOFUNCTOOL»: un ensemble d'outils de terrain pour évaluer la qualité des sols

Marie-Sophie Renevier<sup>1</sup>, Alain Brauman<sup>2</sup>, Alexis Thoumazeau<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université de Lausanne

<sup>2</sup> IRD

<sup>3</sup> CIRAD

La qualité du sol est une propriété intégrative du sol qui reflète sa capacité à fonctionner et à produire les services écosystémiques. Face à l'alarmante dégradation des sols au niveau mondial, de nombreux efforts visant à développer des outils d'évaluation de la qualité des sols ont été fournis. Cependant, la plupart de ces outils se basent sur des mesures de propriétés physiques, chimiques ou biologiques indépendantes. Le sol étant un système complexe au sein duquel de multiples interactions ont lieu, ces approches réductrices ne permettent pas de prendre en compte les propriétés émergentes qui pourraient en découler.

Le set d'outils « Biofunctool » a été développé pour remédier au manque de méthodes intégratives qui, elles, considèrent la qualité du sol comme étant plus que la simple somme de ses propriétés. Ainsi les indicateurs de ce set d'outils ont été sélectionnés pour leur capacité à refléter un maximum d'interactions ayant lieu dans le sol. Chacun de ces indicateurs évaluent directement l'une des trois fonctions principales du sol ; i) la transformation du carbone, ii) le cycle des nutriments, iii) la maintenance de la structure du sol. Finalement, la plupart des mesures Biofunctool se font directement sur le terrain, sont peu chères, rapides et facilement applicables.

Une étude menée par l'IRD et le CIRAD a permis de valider le set d'outil Biofunctool. En effet, Biofunctool a été appliqué au sein de six stations le long d'un gradient pédoclimatique en Thaïlande, dans le contexte des plantations d'arbre à caoutchouc (*Hevea brasiliensis*). Au sein de chacune de ces stations, nous avons testé la sensibilité des indicateurs aux effets des différentes pratiques agricoles. Puis, en se limitant à une station située dans la province de Chachoengsao, nous avons comparé Biofunctool avec deux autres sets d'indicateurs; l'un basé sur les propriétés physico-chimiques du sol et l'autre basé sur une analyse de la nématofaune.

Les résultats ont montré que i) Biofunctool était sensible à l'effet des pratiques agricoles, en se basant sur les 270 valeurs mesurées pour chaque indicateur et que ii) Biofunctool était plus sensible que le set d'indicateurs incluant les propriétés physico-chimiques du sol et que le set d'indicateur incluant l'analyse de la nématofaune, en se basant sur les 45 valeurs mesurées dans la Province de Chachoengsao,

C'est donc par une approche intégrative que Biofunctool permet d'évaluer, sur le terrain directement, l'impact des pratiques agricoles sur le fonctionnement du sol. Ayant l'avantage d'être moins cher et plus facile d'application que la plupart des autres outils d'évaluation de la qualité des sols, Biofunctool devrait être adapté au système tempéré pour être utilisé à des fins de recherche ou de monitoring.

#### Références

Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E., 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 4–10.

Kibblewhite, M.G., Ritz, K., Swift, M.J., 2008. Soil health in agricultural systems. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 363, 685–701.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.



## Poster

Mardi 13 février

Heure: 10:00 - 10:30

15:00-15:30

**MIKE ROWLEY**

Université de Lausanne

Institut des dynamiques de la surface terrestre

[mike.rowley@unil.ch](mailto:mike.rowley@unil.ch)

Session: Sol, sous-sol et qualité de l'environnement

### **La stabilisation du carbone organique du sol au Vallon de Nant, Alpes Vaudoise et ses interactions avec le calcium**

Eric Verrecchia<sup>1</sup>, Mike Rowley<sup>1</sup>, Stéphanie Grand<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Lausanne, Faculté des géosciences et de l'environnement, Institut des dynamiques de la surface terrestre

Le carbone organique du sol est une partie intégrante du cycle du carbone terrestre. Il pourrait jouer un rôle fondamental qui n'est pas comptabilisé adéquatement dans le changement climatique du futur. Quand le carbone organique arrive au sol, il peut y reposer soit brièvement, se minéraliser rapidement et retourner dans l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub> ; ou soit, il peut s'y stabiliser par des mécanismes de stabilisation et reposer au sol pour plus de temps. Cette présentation explore notre compréhension de la stabilisation du carbone organique du sol au Vallon de Nant, Alpes Vaudoises et la nécessité de mieux la comprendre. Notre revue de littérature a dévoilé que le calcium pourrait jouer un rôle dans la stabilisation du carbone organique du sol au Vallon de Nant. Nous discuterons des résultats par rapport au contexte du Vallon de Nant. Nous discuterons également de notre base des données et de ce qu'elles nous montrent à propos de la stabilisation du carbone organique du sol au Vallon de Nant. Cette présentation mettra en évidence l'importance croissante de la préservation du carbone organique du sol pour les systèmes futurs et la nécessité de mieux comprendre ses interactions avec d'autres cycles élémentaires, comme le calcium.

## Evaluation des impacts cumulés de la mise en exploitation de nouvelles gravières

Marc Soutter<sup>1</sup>, Renaud Marcelpoix<sup>2</sup>, Emile Soutter<sup>3</sup>

<sup>1</sup> EPFL-LASIG

<sup>2</sup> DGE-GEODE

<sup>3</sup> Ipogee

Les études d'impact liées à la mise en exploitation de nouvelles gravières se limitent habituellement à des considérations portant sur divers aspects de l'exploitation envisagée mais peinent à prendre en compte les impacts cumulés dans un contexte plus large.

Cette problématique prend un tour particulièrement aigu dès lors qu'il s'agit de prendre des décisions d'octroi de permis d'exploitation pour plusieurs sites en projets dans une même région.

L'approche proposée, présentée dans cet article, repose sur une mise en relation, à l'échelle du canton de Vaud, des volumes de production annuels de l'ensemble des gravières en exploitation et des sites de consommation, matérialisés par des jonctions autoroutières desservant des zones d'activités, dont les besoins sont estimés au prorata des données de population-emploi de la zone desservie.

Une optimisation de l'allocation des ressources aux sites de consommation est alors effectuée. Elle se fonde sur une minimisation des coûts de transport, fondée sur une analyse des chemins de moindre coûts, ces derniers étant caractérisés par le ratio entre distance et vitesse moyenne, elle-même fonction du type de route emprunté.

La comparaison d'un scénario de base avec des scénarios impliquant la mise en exploitation d'un ou de plusieurs sites nouveau permet alors, par comparaison, d'évaluer les impacts des divers scénarios envisagés. Ces impacts se caractérisent par des variations dans les flux de matériaux et donc du trafic poids-lourds généré par l'exploitation des gravières. Ces flux sont également examinés sous l'angle de leur impact en termes de nuisances sonores, en particulier dans les zones sensibles comme les traversées de localités, puisqu'il s'agit d'un critère central dans les considérants juridiques de l'octroi de permis d'exploitation.



## Cycles de vie des sols de l'Ouest Lausannois. Facteurs et acteurs de l'anthropopédogénèse

Du moins sur le plan législatif (LAT, 2014), l'occupation du sol par l'homme (aménagement du territoire, urbanisme) est aujourd'hui envisagée à l'aune de la surface foncière, mais également du capital environnemental et de la ressource productive que représentent les sols de la ville-territoire suisse, fortement transformés par l'homme sur le court et long terme (drainage/irrigation, fertilisation/pollution, déblais/remblais, compaction/imperméabilisation, etc.). La répartition des activités et des habitants sur le territoire (l'affectation des sols) concerne dès lors la responsabilité de l'homme non plus seulement en tant que consommateur/destructeur de sol, mais aussi comme partie prenant des cycles de vie du sol, comme producteur/constructeur de « nouveaux sols » : les anthroposols.

Le processus de fabrication de la ville et du territoire (mise en culture, infrastructuration, urbanisation, entretien et usage des espaces urbains) doivent porter en eux un « projet de sol » à différentes échelles (Secchi 1986) qui peut être éclairé par une mise en perspective historique des processus de transformation humaine du sol : l'anthropopédogénèse. La prise en compte des cycles de vie du sol, dont découlent les capacités fonctionnelles des anthroposols, est indispensable à l'élaboration prospective de formes urbaines et paysagères assurant une coévolution soutenable entre l'homme et son environnement, sans nécessairement établir une distinction a priori entre centres urbains à densifier et espaces ruraux ou naturels à protéger au sein d'une ville-territoire amenée à se restructurer et à se recycler, pour se densifier.

La présente contribution se propose donc de présenter les outils d'une méthode transdisciplinaire consistant à comparer les capacités fonctionnelles des sols contemporains de l'Ouest lausannois, observées à partir d'un relevé pédologique in situ (carottage), avec l'histoire de leurs transformations, reconstruite notamment à partir des archives des projets d'aménagements. Ces corrélations pourront permettre de brosser des « portraits de sols » singuliers et d'ébaucher un « atlas des anthroposols de l'Ouest lausannois », esquissant une cartographie diachronique des usages humains de la couverture du sol (land cover, land use), des formes topographiques (relief, géomorphologie), et des formations pédologiques (composition et structure du sol).

Sur le plan théorique, au-delà des 5 facteurs naturels de pédogénèse, la notion d'anthropopédogénèse invite à interroger le statut des pratiques humaines dans le processus d'anthropopédogénèse et souligne donc l'importance des équilibres entre les protagonistes/agents de la transformation du sol. L'homme doit-il être considéré comme un simple facteur de pédogénèse parmi d'autres (facteur biologique), ou est-il devenu un « métafacteur » (Yaalon et Yaron 1966), un « vecteur d'énergie » (Runge 1973), ou un « auxiliaire du génie naturel » (Clément 2012) ?

### Références :

ASSEMBLEE FEDERALE DE LA CONFEDERATION SUISSE, 2014, Loi fédérale du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire (LAT), s.l.

CLEMENT Gilles, 2012, Jardins, paysage et génie naturel, Paris, Collège de France (coll. « Leçons inaugurales du Collège de France »), vol.222, 68 p.

RAFFESTIN Claude, 1989, « Eléments pour une théorie du sol » dans Communauté d'études pour l'aménagement du territoire (ed.), La construction sous contrôle? : faut-il renforcer ou alléger l'aménagement pour mieux gérer les zones à bâtir? : Journées romandes de l'aménagement du territoire, Lausanne, les 10 et 11 novembre 1988, Lausanne, Presses polytechniques romandes.

RUNGE Ed C. A., 1973, « Soil Development sequences and Energy Models », Soil Science, 1973.

SECCHI Bernardo, 1986, « Progetto di suolo », Casabella, 1986, no 520, p. 19-23.

VIGANO Paola, 2014, « La ville est une ressource renouvelable : voyages, concepts, projets autour du recyclage » dans Roberto D'Arienzo et Chris Younès (eds.), Recycler l'urbain, pour une écologie des milieux habités, Genève, MétisPresses, p. 291-304.

YAALON Dan H. et YARON Bruno, 1966, « Framework for man-made soil changes – an outline of metapedogenesis », Soil Sci. Soc. J., 1966, vol. 102, p. 272-278.

## Poster

Mardi 13 février

Heure: 10:00 - 10:30

15:00-15:30

FANNY VIRET

Université de Lausanne

Institut des dynamiques de la surface terrestre

[fanny.viret@unil.ch](mailto:fanny.viret@unil.ch)

Session: Sol, sous-sol et qualité de l'environnement

## Swissoil, une plate-forme didactique et intégrative en science du sol

Fanny Viret

<sup>1</sup> Université de Lausanne, Faculté des géosciences et de l'environnement, Institut des dynamiques de la surface terrestre

SWISSOIL est une plate-forme pédagogique basée sur l'observation directe de sols au sein de leur environnement naturel ou anthropisé. Le projet comprend cinq fosses pédologiques permanentes établies fin 2016 sur la colline de Dorigny, ainsi que des carrés permanents pour le relevé de la végétation mis en place aux abords des fosses au printemps 2017 et finalement un site wordpress comme support didactique qui sera publié fin décembre 2017.

L'objectif premier de Swissoil est de permettre aux étudiants de développer leur compétences de pédologues à leur rythme en se confrontant à leur objet d'étude, le profil de sol, dans son contexte naturel. Mais Swissoil s'adresse aussi de manière plus générale à la communauté scientifique ainsi qu'au grand public curieux d'en apprendre plus sur les sols de cette colline. Ce projet a aussi pour but de mettre en avant et d'informer sur les services écosystémiques joués par les sols et la faune qu'ils renferment et qui contribuent à la filtration de l'eau, la production de nourriture, le recyclage des nutriments et éléments, la séquestration du carbone, etc., ainsi que sur la biodiversité incroyable qu'ils recèlent, trop souvent méconnues, et impactées par l'homme et ses actions.

Le site web multimédia d'accès libre fournit un guide d'observation et d'interprétation des profils de sol et rassemble toute une série de données et de fiches descriptives et informatives pertinentes pour comprendre la nature et évaluer la qualité des sols et leur biodiversité.

Fiches pédologiques, formes d'humus, relevés de végétation, identification de la faune épigée et endogée ainsi que résultats d'analyses physico-chimiques accompagnent le voyage du lecteur au travers de la plate-forme.

Des vidéos explicatives agrémentent le site et emmène l'observateur à la découverte du projet, des fosses et de leur histoire de manière agréable et visuelle. Des quizzes de différents niveaux sont aussi disponible et rendent le site d'autant plus ludique et interactif.

Swissoil se veut donc un projet intégratif qui réunit des disciplines spécifiques et inhérentes à la pédologie tel que la géologie et géomorphologie des formations superficielles, la botanique ainsi que la biologie et microbiologie caractéristiques des sols.

Ce projet permet une valorisation directe et un accès inédit aux sols de notre campus appuyé par des ressources didactiques numériques permettant une observation et interprétation de haut niveau des profils pédologiques. Grâce à Swissoil, la colline de Dorigny est une exhibition permanente d'histoire naturelle *in situ* !

## Présentation orale

Mardi 13 février

Heure: 16:30 - 16:50

Salle: Géopolis - 1620

CHRISTIANE WERMEILLE

Office fédéral de l'environnement

[christiane.wermeille@bafu.admin.ch](mailto:christiane.wermeille@bafu.admin.ch)

Session: Sol, sous-sol et qualité de l'environnement

## Pollution chimique des sols - quelles solutions techniques, légales et financières?

Martine Docourt, Roland von Arx, Christiane Wermeille

La pollution chimique des sols est un problème public qui concerne l'entier du territoire suisse. Selon l'OFEV, il n'existe pratiquement plus de sols non pollués en Suisse car la plupart des polluants y sont retenus et s'y accumulent pendant des décennies. Près de 90% des terres meubles sont faiblement polluées, 9% le sont moyennement et 1% fortement. La pollution touche avant tout les surfaces urbanisées (jardins et parcs), les terres situées à proximité d'installations industrielles et les sols où sont pratiquées des cultures spéciales (arboriculture, viticulture). En plus de ces pollutions qui peuvent être considérées comme diffuses, on recense aujourd'hui plus de 38'000 sites pollués par des déchets, à savoir des sites de stockage définitif (décharges), des aires d'entreprises ou des lieux d'accident. Si la majorité de ces sites ne représentent pas une menace pour l'homme ou l'environnement, un certain nombre d'entre eux, estimés aujourd'hui à 4'000 doivent être assainis car ils mettent directement en danger la santé humaine et les ressources naturelles.

La pollution chimique des sols est due principalement à des activités historiques (notamment dépôts de déchets solides et liquides, épandage d'engrais et de produits de traitement des plantes, émissions industrielles et du trafic) mais connaît encore des sources actuelles (principalement dans l'agriculture et les transports). Les conséquences sont multiples : risque immédiat en cas d'ingestion directe de sol par le bétail - les polluants se retrouvant ensuite dans la viande et le lait - ou par les enfants ; risque indirect par ingestion de viande ou de végétaux pollués mais aussi d'eau polluée par déficit de filtration dans le sol ou par lixiviation de polluants ; perte de biodiversité du sol, etc.

Comme le sol ne se régénère que très lentement, sa pollution est pratiquement irréversible à court terme. Dans de nombreux cas, des mesures « correctives » ou d'assainissement sont donc nécessaires. Seules des mesures lourdes (décapage et élimination) sont utilisées aujourd'hui. Durant plusieurs années, la recherche a mis beaucoup d'espoir dans les méthodes de phytoremédiation, mais aucun projet à grande échelle n'a jamais été réalisé. Les coûts des mesures d'assainissement sont donc élevés et les impacts environnementaux importants (transports, traitement, élimination, parfois à l'étranger et « perte » de sol).

Les autorités se trouvent ainsi confrontées à de nombreux défis d'envergure et seule une collaboration avec les milieux scientifiques permettra de trouver les solutions adéquates à cette problématique complexe. Des déficits de connaissance doivent être comblés afin de pouvoir estimer de manière réaliste les risques engendrés par les sols pollués ainsi que de développer des techniques innovantes pour y faire face.