HAL
open science

Is priming effect a significant process for long-term SOC dynamics? Analysis of a 52-years old experiment Quelle est l'importance du "priming effect" à long terme ? Apport d'une expérimentation au champ de 52 ans

Rémi Cardinael, Thomas Eglin, Bertrand Guenet, Cathy Neill, Sabine Houot, Claire Chenu

To cite this version:

Rémi Cardinael, Thomas Eglin, Bertrand Guenet, Cathy Neill, Sabine Houot, et al.. Is priming effect a significant process for long-term SOC dynamics? Analysis of a 52-years old experiment Quelle est l'importance du "priming effect" à long terme ? Apport d'une expérimentation au champ de 52 ans. 13. Journées d'Etude des Sols - Sol et Changement Global, 2016, Louvain-la-Neuve, Belgium. hal-01624903

HAL Id: hal-01624903

https://hal.science/hal-01624903v1

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

13èmes Journées d'étude des sols

Louvain-la-Neuve, 4-8 juillet 2016

Résumés

Avec le support du Fonds National de Recherche Scientifique

Conférences invitées

Stockage de carbone dans les sols et régulation du climat : des questions et réponses qui varient selon l'échelle !

Denis Angers, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec

A l'échelle globale, les sols contiennent une très grande quantité de carbone et jouent donc un rôle crucial dans la régulation du climat. Les effets bénéfiques de la matière organique du sol sur sa fertilité sont également largement reconnus. Bien qu'ayant toujours été un sujet de recherche important en science du sol, l'étude de la matière organique (et du carbone) connaît depuis quelques années un fort renouveau. L'objectif de cet exposé est d'identifier les enjeux scientifiques actuels portant sur les processus de stockage de C dans les sols. Nous verrons, à l'aide d'exemples surtout issus de situations en milieu agricole, que l'étude de ces processus est appréhendée à des échelles spatiales variant de plusieurs ordres de grandeur selon les questions posées, mais aussi sur des échelles temporelles très variables, et que ceci n'est pas sans conséquences sur les conclusions tirées. Nous évoquerons d'abord les mécanismes de (dé)stabilisation du carbone à l'échelle fine (<1 mm). De grandes questions demeurent, par exemple, sur l'importance réelle de l'agrégation sur la stabilisation à long terme du carbone ou sur les mécanismes gouvernant l'effet « priming ». Sera ensuite abordée l'échelle du profil de sol, où est effectivement déposé, réparti et transformé le carbone apporté au sol. Ces apports, largement issus des racines et de leur activité, posent encore de grands problèmes de quantification. Le carbone « profond » a été longtemps négligé et fait actuellement l'objet d'un effort de recherche important. L'échelle du paysage (ou de l'exploitation agricole) représente un milieu complexe et hétérogène où se croisent les effets de l'action de l'Homme (transfert latéraux, structures paysagères) et les processus plus ou moins naturels tels que l'érosion. Ces impacts sur le cycle global du carbone sont encore largement méconnus et font l'objet d'un débat animé. L'échelle supérieure concerne le biome, la grande région ou l'état. A cette échelle, se posent surtout des questions de comptabilité, en lien soit avec des projets d'atténuation des émissions ou d'inventaire des stocks de carbone et de leur évolution. C'est aussi l'échelle à laquelle les politiques publiques sont les plus prégnantes. A cette échelle, se posent surtout des questions de disponibilité de bases de données et de modélisation spatialisée. Enfin, seront présentées les estimations les plus récentes concernant le potentiel de stockage de carbone dans les sols à l'échelle globale.

Les principaux sols du Québec : distribution et propriétés

GAGNÉ Gilles

Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique et de proximité (CETAB+), Cégep de Victoriaville, 475 rue Notre-Dame Est, Victoriaville, Québec, Canada, G6P 4B3.
gilles.gagne@cetab.org

La superficie du Québec est de 1 667 712 km^2, soit trois fois celle de la France et 55 fois celle de la Belgique. Les formations géologiques de surface datent de trois milliards à 330 millions d'années, principalement des roches ignées au nord et sédimentaires au sud souvent métamorphosées. La dernière glaciation a façonné les pédopaysages du Québec. Elle a débuté il y a 80 000 ans pour atteindre son apogée il y a 18 000 ans, de 1 à 3 km d'épaisseur de glace recouvrait alors le Québec. Sous cette masse de glace, le Nord-Est du continent s'est enfoncé de 100 à 150 mètres selon l'épaisseur du manteau. Un réchauffement climatique a ensuite entrainé une déglaciation progressive jusqu'à il y a 6000 ans et engendré une grande quantité d'eau. La mer a envahie les basses-terres du Saint-Laurent et des immenses lacs se sont formés au nord, notamment en Abitibi. Le relèvement isostatique a progressivement entrainé le retrait des eaux. Ces événements ont permis le dépôt de matériaux meubles d'origine diverses: glaciaires (tills et fluvio-glaciaires), fluviatiles, lacustres, marins, organiques et éoliens. En parallèle avec le réchauffement climatique et le retrait des glaciers, la végétation s'est implantée passant progressivement, du sud au nord, de la toundra, à la taïga, à la forêt boréale et à la forêt décidue qui occupe présentement le sud du Québec. Selon le relief, ces facteurs de formation des sols ont permis la pédogenèse d'une grande variété de sols que l'on peut qualifier de récents. On retrouve peu de sols résiduels bien développés. Le Québec utilise le *Système canadien de classification des sols* (GTCS, 2002). Les principaux sols sont des podzols, des brunisols, des cryosols, des sols organiques, des gleysols, des luvisols et des régosols. Les premiers travaux d'inventaire en milieu agricole ont débuté dans les années 1930. À partir de 1937, ces travaux ont été réalisés par circonscription électorale (les comtés) par les ministères de l'Agriculture du Canada et du Québec. Dès cette époque, le concept de séries de sols en provenance des États-Unis a été adopté, ce qui a permis d'assurer une continuité en regard des différents systèmes de classification nationaux puisque ce sont les niveaux supérieurs de classification qui ont subséquemment fait l'objet de débats et modifications. Cinquante-deux études pédologiques (rapports et cartes) ont ainsi été publiées entre 1943 et 2014 et elles couvrent 52 comtés ou regroupements de comtés du Québec méridional (en incluant ou non les zones forestières). C'est ainsi que 690 noms de sols, soit 665 séries (650 minérales et 15 organiques), 20 types de terrain et 5 complexes (caténas); ont été décrits, caractérisés et cartographiés sur une superficie de 12,6 millions d'hectares à différentes échelles (1: 20 000 à 1: 126 720). Des travaux d'inventaire ont également été effectués dans les régions nordiques, mais à de plus petites échelles. La distribution et les propriétés des sols du Québec, principalement celles du Québec méridional, seront illustrées et discutées lors de la présentation.

Groupe de travail sur la classification des sols (GTCS). 2002. Le système canadien de classification des sols, 3e édition. Direction générale de la recherche, Ministère de l'Agriculture et de Agro-Alimentaire du Canada. Publication 1646, Ottawa (ON). 196 p.

Sustainable soil management in Sub Sahara Africa. Myths, new science and persistent headaches

Roel Merckx

Division of Soil and Water Management, Department of Earth and Environmental Sciences, Kasteelpark Arenberg 20, box 2459, 3001 Leuven, Belgium (roel.merckx@kuleuven.be)

It is both positive and yet remarkable that soil management for Sub Sahara Africa remains high on the development agenda, while many of the basic principles have long been established. We argue that much of this relates to an unwillingness to implement basic principles of soil fertility in this continent, based on poor knowledge of the different context and wrong perceptions of soil nutrient dynamics. The latter derive from the apparent ease with which crops are produced in the more affluent, northern hemisphere often endowed with very fertile, young soils and an abundance of organic matter sources and a partly politically inspired departure from anything linked to private industries and technological solutions to raise crop productivity.

Yet, it can be deplored that crop productivity in SSA remains far below the yield potential and will not be able to support the anticipated population growth unless drastic action is taken. This implies the deployment of the entire available toolbox without biaises and the removal of popular myths from the debate. While it is a fact that soils in SSA are old and depleted - due to long-term abuse and continuous nutrient removal without adequate replenishment - it is not the only reason. It is not a coincidence that regions with large population density figures are also the ones showing the largest yield gaps, specifically due to nutrient limitations.

In the presentation, some of the well known facts of the SSA context will be re-iterated and their importance for food production highlighted. Emphasis will be on what renders the environment for crop production more challenging and how popular myths surrounding food production are hampering real progress to date.

Long-term studies nevertheless have pointed to possible directions. Central in those approaches are a far more intense focus on organic matter management serving several objectives, each of them of paramount importance. The obvious effect on soil health stands out while an ignored aspect, i.e. the major effects on increasing fertilizer use efficiency gain interest. The latter effects are hypothesized to drive a fertilizer market development, which is utterly important. The use of fertilizers has long been and continuous to be controversial for some. And indeed, it is easy to lay out demonstration fields showing that fertilzers do not work in SSA and actually lead to smaller yields than without any inputs. Taking these data more seriously, however, proves that arguments like those are devoid of any scientific rationale and have to be taken as malafide, perhaps driven by a hidden agenda. The lack of fertilizer response can be due to many factors, but usually relate to simple basic facts like not adding the right mix, ignoring missing (micro)-nutrients, not addressing other crop growth factors like water and/or diseases.

Yet, messages like the one surrounding fertilizer use continue to blur the public opinion and continue to hinder the adoption of a large scale nutrient addition strategy for the South.

Ausculter la Zone Critique de la Terre : une occasion d'atterrir!

Jérôme Gaillardet

La zone critique de la Terre est la pellicule de la planète la plus externe, c'est l'épiderme sur lequel les sociétés sont bâties. Critique car c'est une des interfaces du système Terre, la zone critique comprend le sol, le régolithe, la basse atmosphère, la biosphère visible et invisible. Ce n'est pas un concept nouveau mais une nouvelle de (re)considérer une zone complexe dont le fonctionnement intégré nous échappe encore mais qui est si crucial pour notre avenir. Les différents scientifiques de la zone critique se retrouvent dans des « observatoires » instrumentés, basés sur une question principale, souvent sociétale, mais qui essayent de rassembler le plus de disciplines possibles afin de capturer les dynamiques courtes et les dynamiques longues, les feedbacks qui la font évoluer s'adapter ou réagir à des forçages qui peuvent être globaux ou locaux, rapides ou lents. Les observatoires de la zone critique sont une manière de reterritorialiser la question écologique en passant du niveau global au niveau des territoires qui sont les entités où la question du développement durable se pose et se posera avec plus d'acuité alors que nous sommes entrés dans l'anthropocène. Notion issue des géosciences, elle revisite la notion d'écosystème en y ajoutant sans doute une dimension temporelle longue et une profondeur verticale. Nous montrerons des exemples d'observatoires de la zone critique et ferons un tour d'horizon des initiatives nationales et internationales pour fédérer un réseau mondial de zones critiques. Nous verrons qu'une des limitations actuelles est notre manque d'équipement pour ausculter la zone critique.

Session 1 Le sol et changement global

S1 Présentations orales

Spatialisation de la capacité des sols à réduire N2O en N2

Hocine Bourennane (1), Saby Nicolas (2), Ayzac Adeline (1), Josière Olivier (1), Ratie Céline (2), Hénault Catherine (1)

INRA (1: UR SOLS ; 2: US Infosol)

N2O est un puissant gaz à effet de serre émis par les sols agricoles. Les émissions de N2O par les sols présentent une très grande variabilité spatiale. Elles sont la résultante du fonctionnement de processus microbiologiques dont certains produisent ce gaz (premières étapes de la dénitrification et la nitrification) tandis que la dernière étape du processus de dénitrification (réduction de N2O en N2) en permet l'élimination. Une faible réduction de N2O par un sol concoure à des émissions importantes de N2O. Ce travail avait pour objectif de prédire spatialement la capacité des sols à réduire N2O sur la base de leurs propriétés physico-chimiques. En s'appuyant sur le RMQS (Réseau de Mesure de la Qualité des Sols) et à l'aide de la méthode hypercube latin D-optimalisé, nous avons sélectionné 90 sites couvrant à la fois des sols cultivés, des sols de prairie et des sols de forêt, tout en obtenant un gradient de pH et un gradient de teneurs en carbone. La capacité de ces sols à réduire N2O en N2 a été mesurée par un test de laboratoire (Hénault et al. 2001) et exprimée sous la forme de 2 indicateurs rmax et index, respectivement compris entre 0 et 2, et 0 et 200 et révélant, pour des valeurs faibles une bonne capacité des sols à réduire N2O et pour des valeurs élevées, une faible capacité des sols à réduire N2O. Ces mesures se sont accompagnées d'une analyse de 22 propriétés physico-chimiques (pHeau, CEC, Argile…) des sols. La première étape de l'analyse de ce jeu de données a consisté, à l'aide de différentes techniques statistiques (régression, GBM et ACP-PLS), à définir des fonctions de pédotransfert permettant de rendre compte du déterminisme de la capacité des sols à réduire N2O. Le pH des sols est apparu la propriété physico-chimique déterminante de leur capacité à réduire N2O. L'outil GBM a permis de définir une fonction de pédotransfert, reliant le rmax et le pH des sols, avec une qualité de la prédiction de 72 %. L'analyse multivariée incluant l'ACP et la modélisation PLS a permis d'obtenir des fonctions de pédotransfert de très grandes qualités prédictives ($r^2 > 0.77$) des 2 indicateurs rmax et index, basées en premier lieu sur le pH des sols, mais prenant aussi en compte la CEC et le taux d'argile dans les sols. L'analyse factorielle discriminante associée à l'analyse GBM ont permis d'identifier des points de rupture de la capacité des sols à réduire N2O à des pH spécifiques, cette capacité étant très faible pour les sols dont le pH < 6.4 (rmax > 0.8), et efficace pour les sols dont le pH > 6.8 (rmax < 0.4). Dans une seconde étape, la fonction de pédotransfert défini par ACP-PLS a été appliquée à la base de données complète du RMQS pour spatialiser à l'échelle de la France la capacité des sols à réduire N_2O. La prise en compte de la fonction GBM a permis de définir la surface des sols présentant une bonne capacité à réduire N2O et celle présentant une faible capacité à réaliser cette fonction.

Remerciements

Merci à l'ADEME (Agence de L'Environnement et de la Maîtrise de L'Energie) pour le financement de ces travaux dans le cadre du projet SOLGES de l'appel d'offre REACCTIF

Défrichement et agriculture vs afforestation des champs : Quelles dynamiques séculaires d'alcalinisation et d'acidification pour les luvisols sur lœss?

Brasseur B., Horen H., Spicher F., Buridant J.

Université de Picardie Jules Verne - EDYSAN - FRE 3498

Il est maintenant largement démontré que les sols actuels conservent des traits hérités d'usages anthropiques passés. Différentes configurations de changements d'usages ont été examinées et les marqueurs de ces changements sont nombreux, e.g. diversité floristique, paramètres physico-chimiques, biomarqueurs moléculaires. Avec le développement de la forêt, les sols peuvent s'acidifier au travers des actions combinées des cycles du carbone, de l'azote [1–3] et des précipitations atmosphériques [4]. L'alcalinisation des sols pourra être entrainée par des amendements minéraux calciques (calcaires, chaux, marnes) sur des terres cultivées sous climat tempéré humide. Ce type de pratiques agraires, très anciennes en Europe du Nord-Ouest, étaient déjà présentes au 1er siècle av. JC [5]. Après un changement d'usage des terres, des traits hérités d'usages passés des sols, tel que le paramètre pH, peuvent persister plusieurs années à plusieurs millénaires sur des sites archéologiques [6,7]. Cependant les échelles temporelles d'étude sont souvent focalisées à quelques décennies ou, pour des échelles temporelles séculaires, limitées aux horizons supérieurs du sol. Enfin, les recherches déjà menées proposent des résultats très différents concernant la dynamique d'alcalinisation et sans étude comparée de la dynamique d'acidification.
Dans le cadre de ce travail, nous avons caractérisé la dynamique d'évolution du pH de deux chronoséquences de profils déforestés et afforestés déterminées sur la base de sources géohistoriques cartographiques et archivistiques retraçant les continuités et les changements d'usages à échelle pluriséculaire. 16 sites situés sur des luvisols lœssiques de plateau du nord de la France ont été retenus. Un minimum de 3 profils de sols a été échantillonné pour chaque site et l'échantillonnage a été réalisé sur 3 mètres de profondeur tous les 25 cm entre les échantillons.

Les dépôts lœssiques sont intéressants car ils sont considérés, à l'échelle régionale, comme un matériel parental homogène [8,9], notamment lorsqu'ils sont en position primaire de plateau [10].
Plusieurs questions sont soulevées par cette étude :

- quelles pourraient être les cinétiques de changement de pH au travers de profils verticaux de luvisols à la suite d'un boisement et d'un défrichement plus ou moins ancien ?
- quels sont les principaux facteurs influençant ces cinétiques ?

Les résultats montrent que l'acidification après afforestation présente une dynamique beaucoup plus lente qu'une alcalinisation par mise en culture après un déboisement. Ainsi, après 150 ans, un sol qui a été reboisé présente, en surface un pH proche de celui observé pour un milieu forestier beaucoup plus ancien, à 2 m de profondeur un pH classique de sol cultivé et un pH intermédiaire à 1 m de profondeur. Alors qu'après 150 ans de mise en culture le sol est déjà entièrement alcalinisé sur 3m de profondeur. Les déviations standard obtenues pour les profils mis en culture sont plus importantes que pour les sols forestiers suggérant que la variabilité des pratiques culturales affecte le signal. Les sols reboisés depuis le bas moyen-âge montrent encore une différence significative avec les sols situés sous forêt depuis la fin de l'antiquité ce qui ouvre de belles perspectives pour identifier des changements d'usages à très long terme.

Rôles des pratiques agricoles, des propriétés fonctionnelles des végétaux et des microorganismes du sol dans la résistance des prairies à un événement climatique extrême.

Gabin Piton (1,2), Nicolas Legay (1), Arnaud Foulquier (1) et Jean-Christophe Clément (1)

(1) : Laboratoire d'Écologie Alpine, UMR CNRS-UGA-USMB 5553, Université Grenoble Alpes, 38041 Grenoble, France (2) : Université Catholique de Louvain, 1348 Louvain la Neuve, Belgique

Les prairies de montagnes fournissent un ensemble de services écosystémiques (séquestration de carbone, production de fourrage…) dont le maintien est en partie contrôlé par les pratiques de gestion mises en œuvre. Dans le contexte de changement climatique, il est nécessaire de développer des systèmes agricoles résistants aux événements climatiques extrêmes. Des travaux récents suggèrent que les interactions entre plantes et communautés microbiennes du sol sont déterminantes dans cette résistance (De Vries et al. 2012). Malgré leur importance, les processus en jeu restent cependant peu étudiés alors qu'une compréhension fine des mécanismes impliqués est nécessaire dans une perspective d'intensification écologique de l'agriculture. Notre étude a été réalisée dans le massif du Vercors en France, sur le territoire de production du fromage « Bleu du Vercors » sous appellation d'origine contrôlée. Des monolithes ont été prélevés dans 12 parcelles soumises à différents types de gestion (prairie permanente/temporaire & gestion intensive/extensive) balayant ainsi un gradient de fertilité et de structure fonctionnelle des communautés végétales (traits fonctionnels agrégés). Ces monolithes ont été transférés en serre puis soumis à une simulation de canicule (stress hydrique et températures extrêmes) sur une durée de 12 jours. La réponse à la sécheresse des communautés végétales et microbiennes du sol a été déterminée par une approche fonctionnelle afin de comprendre comment les pratiques agricoles, via leurs effets sur les propriétés fonctionnelles des communautés, influencent la résistance à la sécheresse des services écosystémiques fournis par ces prairies de montagnes. Pendant la sécheresse les variations de quantités de carbone et d'azote entre les biomasses aérienne et racinaire, la litière et le sol ont été estimées pour chaque parcelle. Des mesures d'activités enzymatiques extracellulaires produites par les microorganismes du sol ont permis de coupler la réponse fonctionnelle des plantes à celle des communautés microbiennes. Finalement, le potentiel de fixation du carbone et l'utilisation de l'eau par les écosystèmes prairiaux ont été évalués via la mesure des variations des teneurs en CO2 et en eau de l'air en enceinte close (" Net Ecosystem Exchange " et "Ecosystem Water Use Efficiency"). Cette expérimentation apporte des éléments de compréhension mécanistiques des processus écologiques impliqués dans la résistance aux événements climatiques des services écosystémiques fournis par les prairies de montagnes.

Assessing soils development along soil catenas by using cosmogenic 10Be and chemical mass balances in Southern Brazil.

Jerome Schoonejans (1), Veerle Vanacker(1), Sophie Opfergelt(2)

University of Louvain, Earth and Life Institute, (1) TECLIM, (2) SOLS Louvain-la-Neuve, Belgium

At the Earth's surface, mechanical disaggregation and chemical weathering transform bedrock into mobile regolith and soil. Downslope translocation of weathering products by lateral transport of soil particles and elements are determinant for the development of soil catenas. To grasp the rates of soil formation and development along catenas, we need better constraints on the vertical and lateral fluxes of particles and nutrients along hillslopes. Our study aims to analyze soil catena development in a spatio-temporal framework. The data are collected in the central part of the Rio Grande do Sul State in southern Brazil. The sampling area is located on the Serra Geral plateau composed by rhyodacite rocks (~700 m.a.s.l). The climate is humid subtropical (Cfa), and the natural vegetation is characterized by deciduous tropical forest and native Araucaria angustifolia forests. Two soil catenas with different slope morphology were selected: a steep slope of 190m long with maximum slope angle of 24°, and a gentle one of 140m long with a maximum slope angle of 11°. In total, eight soil profiles were sampled and 67 soil and 8 saprock or bedrock samples have been analysed for total element composition. Bulk densities were determined on undisturbed soil samples. The soil thickness varies along catenas with soil depths of about 90 cm on the ridge top, 30 cm on the convex nose of the steep slope and >2 m on the foot slope. Chemical mass balance techniques are used to constrain chemical weathering intensities (CDF) and absolute chemical mass losses or gains ($\delta j,w$). Cosmogenic 10Be are used to constrain vertical and lateral soil particle fluxes across both soil catenas. In each one of the eight soil profiles, we notice important absolute chemical mass losses for the most mobile elements (Na, K and Ca). The mass transfer coefficients of Al and Fe do not show a clear pattern, and largely depend on soil depth and position along the soil catena. The weathering intensity of the soil and the absolute chemical mass transfer are correlated with the residence time of the soil. Our data show a systematic increase in chemical weathering intensity with distance from the ridge top.

le Réchauffement climatique Global par quelques résultats d'analyses intégrées de sols, de croûtes et encroûtements calcaires presahariens (Palynologie, Minéralogie et datations ^{14}C) et l'aridification climatique croissante du néolithique à nos jours

Hassini TSAKI

Laboratoire d'Eco-pédologie, Université d'Oran 1, Algérie 31.000

Il nous apparait utile, en préalable, de signaler que nous reconnaissons que le réchauffement climatique que connait actuellement notre planète est réel et reste suffisamment corroboré depuis la dernière moitié du siècle passé, par les différentes disciplines des sciences de la nature et de la terre. Seulement ce réchauffement, ne peut être aucunement et exclusivement un phénomène moderne car il a débuté depuis quelques 8.000 ans, c'est-à-dire bien après la dernière pulsation humide du Néolithique qui a marqué, entre autres au Sahara, une période particulièrement riche en flores et faunes aujourd'hui bien exotiques et disparues ayant contribué certainement, et porté, vraissenblablement, les civilisations afro-asiatiques et sahariennes jusqu'a constituer le capital écologique à l'origine des éclosions civilisationnelles de l'Egypte ancienne et de la Mésopotamie (les différents industries paléolithiques, les nombreux vestiges d'art pariétal et les témoignages humains de ces régions montrent une végétation exubérante digne d'un climat beaucoup plus humide où girafes, éléphants et autres animaux de bioclimats tempérés peuplaient ces anciens déserts). Tout ceci milite et reste en contradiction avec le Discours tout à fait orienté du RCG qui soutient que ce réchauffement reste dû essentiellement aux émissions dans l'atmosphère du CO_2 d'origine ou lié aux activités anthropiques.

Dans le cadre de nos travaux de recherche sur la genèse des paléosols, de morpho-pédologie et de paléogéographie en régions arides effectuées dans les régions sahariennes et présahariennes une synthèse et interprétation des résultats minéralogiques, palynologiques et de datation au C^{14} , effectuées sur des matériaux de sols, de croûtes et encroûtements calcaires quaternaires, apportent une confrontation scientifique à la thèse du RCG, telle qu'elle est déclinée de nos jours par les experts du GIEC. Nous allons en relever quelques éléments.

Le bilan synthétique des résultats des analyses effectuées avec des méthodes et des techniques de différentes disciplines (palynologie, minéralogie, micromorphologie et datation ^{14}C) apporte une contribution à une meilleure connaissance du phénomène de la "désertification". Ils nous permettent en effet, de proposer l'hypothèse d'une "aridification" climatique qui a débuté au Néolithique et s'est poursuivie jusqu'à nos jours.

Cette modification climatique est décelée, par les résultats des études polliniques effectuées sur des échantillons de sols anciens des terrasses "gharbiennes" à actuelles et de formations superficielles calcaires fossilisant les formes anciennes des paysages. Ces résultats montrent, entre autres, une prépondérance des pollens de végétation arboréenne au Néolithique et leur régression progressive jusqu'à l'époque actuelle.

Bacterial FeIII reduction enhances the dissociation of Fe oxyhydroxides - organic matter associations in podzolic Bhs soil horizons

M.-L. Vermeire (1), S. Bonneville (2), B.Stenuit (2), B. Delvaux (1), J.T.. Cornelis (3)

(1) Earth and Life Institute-Environmental Sciences, Université catholique de Louvain; (2) Université Libre de Bruxelles (3) Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège

Fe oxyhydroxides in soils can bind large amounts of dissolved organic matter (DOM) because of their specific surface area and variable charge surface. The formation of DOM–Fe oxide association is a major process of soil organic matter (SOM) protection against heterotrophic respiration, as well as a control of Fe oxyhydroxide reactivity and evolution. FeIII oxyhydroxides can undergo reductive dissolution in anoxic conditions without any biotic control. Yet it is now evidenced that microbial FeIII reduction primarily controls iron redox chemistry, and is one of the most significant event in soils. However, little is known on the impact of dissimilatory FeIII reduction on the fate of the Fe-SOM association in soils. We incubated during 96h three soil samples from Bhs horizons in the presence of Shewanella putrefaciens, a well-known dissimilatory FeIII-reducing bacteria. We measured the kinetics and extent of the release of DOM, Fe2+ and total Fe in solution. The three selected Bhs horizons are 270, 330 and 550 yr-old and were collected in a podzolic chronosequence. The soil free Fe content amounts to 2.648, 21.632 and 26.114 g kg-1 of soils, respectively in 270 yr-Bhs, 330 yr-Bhs and 550 yr-Bhs. The contents of both the short-range-order (SRO) Fe phases and mineral-protected C also increase with age from 2.271, 11.645 to 24.847 g kg-1 (SRO), and 0.8, 13.2, 15.9 g kg-1 (C) respectively in 270 yr-Bhs, 330 yr-Bhs and 550 yr-Bhs. We show that the release of dissolved Fe2+ and C increases by 2.8-fold and 1.7-fold, respectively, in the presence of Shewanella putrefaciens compared to control experiment. Furthermore, the kinetics of C release strongly follows the one of Fe2+ release. The concentration of DOM is positively correlated with the Fe2+ concentration in the presence of S. putrefaciens. Our results, showing the release of both Fe2+ and DOM, suggest that the dissimilatory FeIII-reduction during soil anoxic events can have a significant impact on the mobilization of Fe and OM, hence on the podzolization process.

S 1 Présentations poster

Impact de la conversion forêt-culture sur le degré d'altération du sol et la distribution des nutriments minéraux dans le sol en milieu tropical

Yolanda Ameijeiras-Mariño (1), Sophie Opfergelt (1), Florence Lamouline (1), Jean-Thomas Cornélis (2), Pierre Delmelle (1)

(1) Earth and Life Institute-Environmental Sciences, Université catholique de Louvain; (2) Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège

Les changements d'occupation du sol tels que la déforestation entrainent une augmentation du taux d'érosion des sols. En exposant des sols plus enrichis en minéraux primaires, l'érosion modifie potentiellement le degré d'altération du sol. L'export de la partie superficielle du sol implique également une modification potentielle de la capacité du sol à retenir les nutriments minéraux, compromettant ainsi la qualité et la durabilité des sols. Ces conséquences de l'érosion liée à la déforestation sont particulièrement critiques dans la majorité des sols tropicaux présentant déjà une réserve minérale nettement plus faible. Cependant, l'impact de la déforestation sur le degré d'altération du sol et la distribution des nutriments minéraux dans le sol reste mal quantifié en zone tropicale. Deux bassins versants ont été sélectionnés en zone sub-tropicale (état de Rio Grande do Sul, Brésil). La zone est caractérisée par des précipitations annuelles de 1700-1900 mm distribuées sous forme d'épisodes pluvieux intenses provoquant la mobilisation d'importantes quantités de sédiments. Un bassin forestier considéré comme l'état de référence est comparé à un bassin cultivé depuis 100 ans (tabac, soja). Dans chaque bassin, deux parcelles ont été sélectionnées afin de couvrir une pente forte et une pente faible, ceci afin d'inclure l'impact géomorphologique sur les processus étudiés. Dans chacune de ces deux pentes, trois positions ont été échantillonnées (sommet, position intermédiaire, bas de pente). Trois indices ont été utilisés pour établir le degré d'altération du sol: la Réserve Totale en Bases, la quantité d'oxydes de fer et le Chemical Index of Alteration. La capacité de rétention des nutriments minéraux (CEC, capacité d'échange cationique) et l'état de saturation du complexe d'échange (bases échangeables) ont été quantifiés en vue d'établir l'impact de la déforestation sur la distribution des nutriments minéraux du sol.

Altération d'un dépôt de cendres volcaniques à l'échelle continentale : implications géochimiques et climatiques

C.F. Aragon-Tobar (1),Y. Godderis (2), P. Delmelle (1)

(1)Earth & Life Institute, Université catholique de Louvain, Belgique (2) Géoscience Environnement Toulouse (GET), CNRS-Université de Toulouse III, Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France

L'altération continentale des roches silicatées est une composante essentielle des cycles géochimiques globaux. Il a été montré que l'altération des roches basaltiques mises en place lors de la formation des provinces ignées représente une partie importante du flux total d'altération chimique des silicates à l'échelle continentale. L'altération des basaltes contribue également à la consommation du CO2 atmosphérique. Par contre, l'influence à court et long terme de l'altération de dépôts continentaux de cendres volcaniques, déposées par des éruptions siliciques, sur les flux géochimiques et la concentration de CO2 dans l'atmosphère reste incomprise. Le modèle géochimique WITCH [1] a été utilisé en vue de simuler l'altération d'un dépôt de cendres silicatées. WITCH permet de calculer l'évolution au cours du temps de la composition minéralogique de la cendre soumise à l'altération ainsi que la composition de la solution qui quitte le dépôt. Il est alors possible d'estimer les flux géochimiques d'altération ainsi que la consommation du CO2 atmosphérique. Dans cette étude, nous avons simulé l'altération d'un dépôt (épaisseur : 0.3 – 20 cm) de cendres rhyolitiques similaire en taille (5.4 x106 km2) à celui mis en place sur la majeure partie de l'Amérique du Nord par l'éruption du Yellowstone, États-Unis (0.64 Ma). L'altération a été modélisée pour différentes périodes de temps allant de 0.1 à 10.000 ans. Après 1000 ans d'altération, le flux d'altération est de ~103 Tg/an. Ce flux est comparable à ceux rapportés pour les grandes rivières comme l'Amazone (79 Tg/an). En termes de consommation du CO2, l'altération du dépôt de cendres continental représente 2.3 % de la consommation totale de CO2 résultant de l'altération des silicates. En comparaison, l'altération du basalte dans la province ignée du Deccan (Inde, superficie 5x105 km2) est deux fois supérieure. [1] Godderis, François, Probst, Schott, Moncoulon (2006), Geochimica et Cosmochimica Acta 70, 1128-1147.

Evolution des sols ennoyés sous un réservoir de barrage hydroélectrique. Conséquences sur le bilan sédimentaire et le dégagement de gaz à effet de serre du plan d'eau.

Jim Félix-Faure (1), Jérémie Gaillard (2), Jean Noël Avrillier (1), Stéphane Descloux (1), Annie Millery (1), Thierry Lissolo (1), Etienne Dambrine (1)

Le nombre de barrage dans le monde ne cesse de croître, notamment pour produire de l'énergie, mais aussi pour irriguer, alimenter les villes en eau potable… A la différence des lacs naturels, l'écologie et les bilans de carbone des réservoirs de barrage sont influencés par les sols et la végétation ennoyés ainsi qu'un régime hydrologique variant à la demande de l'exploitant. Curieusement, et peut être du fait de leur difficulté d'accès, les sols ennoyés ont peu été étudiés par la communauté scientifique. Notre étude porte sur des sols ennoyés, depuis plus de 80 ans, par le réservoir de Sarrans construit dans les gorges de la Truyère en France. Nous remarquons que ces sols ont évolués différemment selon leur position dans la cuvette lacustre. Le long d'un transect transversal, allant de la cote maximale du réservoir à l'ancienne rivière, et en comparaison avec un sol de référence situé au dessus de l'emprise du réservoir, nous avons distingué : 1) dans la zone de marnage et sur des pentes modérées à fortes, des matériaux très graveleux dépourvus de terres fines et de carbone organique, analogues aux horizons C des sols préexistants. Ces sols se raccordent aux sols témoins par une marche d'escalier de près d'un mètre, qui témoigne de l'action érosive des vagues. Cette érosion est moins marquée lorsque la pente est faible. 2) dans la partie inférieure de la zone de marnage, des sols remaniés, couvert de sédiments à dominante sableuse, ayant perdu une partie de leur carbone et de leurs nutriments ; 3) dans la zone toujours en eau, sur les pentes douces à moyennes, des sols morphologiquement peu perturbés, couverts de sédiments limoneux lités, d'épaisseur croissante. Une comparaison des stocks de carbone avant et après ennoiement suggère des pertes importantes. A l'échelle du réservoir, l'estimation par cubage du volume de sol érodé suggère une forte contribution des sols ennoyés au dépôt sédimentaire accumulé depuis la formation du réservoir. D'autre part se pose la question de l'influence du carbone perdu par ces sols sur le fonctionnement écologique du plan d'eau, et l'émission de gaz à effet de serre par les barrages.

Phytolith-rich biochar increases cotton biomass and silicon-mineralomass in a highly weathered soil

Zimin Li1, Bruno Delvaux1, Johan Yans2, Nicolas Dufour1, David Houben3, Jean-Thomas Cornelis4

1Earth and Life Institute, Environmental sciences, Université catholique de Louvain, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium 2Department of Geology, NaGRIDD, University of Namur, 5000 Namur, Belgium 3HydrISE, Institut Polytechnique LaSalle Beauvais, rue Pierre Waguet 19, 60026 Beauvais Cedex, France 4BIOSE department, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liege, 5030 Gembloux, Belgium

Non-essential Silicon (Si) is beneficial to plants. It increases the biomass of Si-accumulator plants by improving photosynthetic activity, and alleviating stresses. The demand of Si fertilizers increases due to soil desilication and removal of harvested biomass. Using biochar containing phytoliths is promising to supply bioavailable Si but is poorly investigated. Here, we use two biochar materials with different phytolith contents. We study their impact on the bioavailability of Si in soils differing in weathering stage, cotton biomass and Si mineralomass. The biochar materials derive from: Miscanthus x giganteus –Mi– (34.6 g Si kg-1) and soft woody material –SW– (0.9 g Si kg-1). They are compared to wollastonite –Wo– (CaSiO3). Biochars are incorporated at the rate of 3% (w/w) in a slightly weathered Cambisol and a highly weathered Nitisol. The content of bioavailable Si in soil is determined through 0.01 M CaCl2 extraction. In the Cambisol, the proportion [CaCl2 extractable Si: total Si content] is significantly smaller for Mi (0.9%) than for Wo (5.2%). In the Nitisol, this proportion is much larger for Mi (1.4%) than for Wo (0.7%). Mi-biochar significantly increases the cotton biomass and Si mineralomass relatively to SW-biochar, particularly the Nitisol. Principal component analyses and stepwise linear regression suggest that both the CaCl2-extractable Si content and CEC are the main factors responsible for the increase of cotton biomass after Mi-biochar amendment. Biochar made of Si high-accumulator Mi is thus an alternative to Wo to supply bioavailable Si in the Nitisol. This beneficial effect is added to increased soil fertility and soil organic carbon content.

Le contrôle des émissions de N2O par l'état structural des sols agricoles

Poinçot, F.; Cousin, I.; Hénault, C.

URSOLS, INRA, 45075, Orléans, France

Le N2O est un des trois principaux gaz responsables de l'effet de serre additionnel avec un PRG100 près de 300 fois supérieur à celui du CO2. Les sols constituent la principale source d'émission du N2O et en particulier les sols agricoles. Le développement de stratégies d'atténuation des émissions de N2O nécessite d'améliorer notre connaissance des déterminismes de ces émissions. Celles-ci dépendent de processus à la fois physiques et microbiologiques qui s'expriment sur des échelles de temps et d'espace probablement différentes. Le cadre de ce travail est ainsi de déterminer les échelles d'études pertinentes pour la caractérisation des émissions de N2O au champ et de hiérarchiser l'importance des différents processus en fonction des conditions du milieu et de l'échelle d'étude. Rabot et al. (2015) ont mis en évidence le rôle des phases d'humectation et de dessiccation dans les processus d'émission de N2O : leurs expérimentations en laboratoire ont montré, en particulier, que des pics intenses et fugaces de N2O se produisent au début de la désaturation du sol, en lien avec la reconnexion de la porosité libre à l'air avec la surface de l'échantillon. La structure du sol joue donc un rôle fondamental dans les émissions. Le travail ici présenté a pour objectifs d'analyser le contrôle des émissions de N2O par l'état structural des sols à différentes échelles spatiales. Pour cela, des expérimentations sont conduites sur des colonnes de sol remanié, placé dans différents états structuraux, et soumises à des cycles d'humectation/dessiccation en conditions contrôlées. Différentes modalités d'apport d'eau sont testées : soit une saturation par la base de l'échantillon simulant une remontée de nappe, soit un apport à l'aide d'un infiltromètre disposé au-dessus de l'échantillon simulant une pluie. Les premiers résultats sont en accord avec les observations de Rabot et al. (2015) et permettent de clarifier le lien entre structure du sol, dynamique hydrique et émissions de N2O. Ces travaux seront étendus à l'échelle de la maquette de sol (surface 10 m², hauteur de l'ordre de 30 cm, de pente variable) placée sous un simulateur de pluie et contenant des zones tassées organisées spatialement. L'ensemble des résultats permettra d'améliorer les modèles d'émissions de N2O.

Référence : Rabot, E.; Lacoste, M.; Hénault, C.; Cousin, I. (2015). "Using X-ray Computed Tomography to Describe the Dynamics of Nitrous Oxide Emissions during Soil Drying." Vadose Zone Journal 14(8): 10.

Is the soil texture an prominent factor in the Oxalate-Carbonate Pathway efficiency? Poster

Finaritra Randevoson (1), Guillaume Cailleau (1), Herintsitohiaina Razakamanarivo (2), Tantely Razafimbelo (2), Gabrielle Rajoelison (3), Eric Verrecchia (1)

(1) Institut des Dynamiques de la Surface Terrestre, Université de Lausanne, (2) Laboratoire des RadioIsotopes, Université d'Antananarivo, (3) Département des Eaux et Forêts , ESSA, Université d'Antananarivo

Carbonate accumulations due to the Oxalate-Carbonate Pathway (OCP) have been recently observed in Madagascar around Tamarindus indica (Fabaceae). The OCP refers to the oxidation of oxalate, a by-product of photosynthesis, into carbonate inside soils when oxalogenic trees, oxalotrophic bacteria, and fungi combine efficiently their activities. This process locally increases the pH and can lead to a transient carbon trapping when OCP occurs in Ca-carbonate-free soils. Many factors, inherent to site conditions, influence OCP effects on soil, such as for example, the tree species. The soil texture, as a parameter of soil permeability, may also be one of these influential factors. So, the question is: do fine particles affect the OCP efficiency? Therefore, this study aims at investigating the effect of soil texture on soil alkalinisation in an OCP ecosystem. Six tamarinds were selected, with a diameter at breast height (i.e. DBH) of at least 65 cm and 16 m high. Three soils profiles were dug around each tree. One soil profile, 15 m away, was chosen as a reference profile. Soil samples were taken at six different depths in the various soil profiles. The following parameters have been assessed: pHH2O, grain size distributions, and the presence carbonate. Soil reference data were clustered using hierarchical cluster analysis, emphasizing the presence of two groups of soils. The first group, associated to three different trees, gather the sandy soils with a pH ranging from 7 to 7.5. The second group, also associated to three other trees, is characterized by loamy-sandy textures, with a pH ranging from 6.5 to 7. However, the soil texture under the trees is assumed to be similar to their related distant reference soils. The loamy-sandy soils display a pH shift of 1.17±0.31 (n=54; assuming that original conditions were similar to those measured at distant sites and soils) higher than in sandy soils, 0.64±0.58 (n=51), whereas Ca-carbonate detected by XRD tends to be less important in loamy –sandy soils (2.9±2.46%, n=46) than in sandy soils (1.41±1.14%, n=40). In addition, local carbonate accumulations in deep horizons have been observed in four profiles of sandy soils. These results suggest that the particle size distributions play somehow a role in the downward transfer of fluids and could favour carbonate accumulation in sandy soils. The higher buffering capacity of loamy-sandy soils than sandy soils is presumed to counteract the alkalinisation process and can explain the difference in the pH shifts. Nevertheless, the more acidic pH of distant loamy-sandy soils may also explain this difference in the pH shifts. As the stability pH for calcite in the present environmental conditions is 8.4, the soil pH increase to allow carbonate to precipitate is much more important in acidic soil than basic soil.

Étude de l'origine de dépôts volcaniques indurés : cas d'étude sur la cangahua en Équateur

Maria Ruiz (1), Sophie Opfergelt (1), Alicia Guevara (2), Pierre Delmelle (1)

(1) Earth and Life Institute-Environmental Sciences, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique(2) Departamento de Metalurgia Extractiva, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Équateur

Des formations indurées d'origine volcanique datant de la fin du Pléistocène ou de l'Holocène ont été depuis longtemps identifiées en Amérique latine, mais aussi au Japon. L'origine de ces formations qui portent différents noms (fierillo, cangahua, hardpan, talpetate, tepetate) selon les régions n'est pas encore bien comprise. Deux hypothèses sont proposées pour expliquer l'induration : il s'agit soit de tufs indurés lors de la mise en place de dépôt volcanique, soit de sols volcaniques indurés en raison de processus accompagnant la pédogénèse. En Équateur, de telles formations indurées, dénommées cangahua (ou « sol dur » en langue quechua) sont rencontrées en abondance dans la vallée inter-andine. L'origine de ces dépôts n'est pas encore clairement établie. L'objectif de cette étude est de faire la lumière sur le mode de formation de la cangahua équatorienne. Un cas d'étude correspondant à l'affleurement de Pifo, à l'Est de Quito, sera présenté. Des caractérisations chimiques, minéralogiques et texturales du dépôt à différentes profondeurs ont été réalisées en vue de préciser (i) la nature des grains constitutifs du dépôt et (ii) la cause de l'induration.

Anthropogenic Disturbances to Soil Systems. New insights from cultural landscapes in the Western Mediterranean.

Vanacker, V., Schoonejans, J., Ameijeiras-Mariño, Y., Opfergelt, S.,

Earth and Life Institute, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique

Human-induced land cover changes are causing important adverse effects on the ecological services rendered by mountain ecosystems, and the number of case-studies of the impact of humans on soil erosion and sediment yield has mounted rapidly. Anthropogenic disturbance of natural vegetation can profoundly alter the physical, chemical and biological processes within soils. Rapid removal of topsoil during intense farming can result in an imbalance between soil production through chemical weathering and physical soil erosion, with direct implications on nutrient cycling, soil fertility and agricultural production. In this talk, I will discuss new data on soil production, physical soil erosion and long-term denudation for ecosystems with strong anthropogenic disturbances. A particular focus is given to the Western Mediterranean region, as it is now commonly reported as the European region that is most affected by land degradation, and where desertification has become a major environmental, economical and political issue.

Session 2 Outils numériques et cartographie des sols

S 2 Présentations orales

Les avancées du programme GlobalSoilMap en France. Approches nationales

Mulder Vera (1), Lacoste Marine (2), Richer-de-Forges Anne (1)., Martin Manuel (1)., **Arrouays,** D (1).

(1) INRA InfoSol, 45075 Orléans France, (2) INRA UR Sols, 45075 France

Le programme GlobalSoilMap vise à prédire 12 propriétés des sols assorties de leurs incertitudes, pour 6 profondeurs standards et à une résolution spatiale de 90x90m. Ces deux dernières années un effort considérable a été investi en France pour atteindre cet objectif à l'échelle nationale. Des prédictions ont été réalisées et publiées pour la profondeur du sol et pour le carbone organique. Des procédures de traitement automatiques ont été mises en place pour prédire d'autres propriétés. Ces prédictions apparaissent comme relativement satisfaisantes pour certaines propriétés (pH, Carbone, Granulométrie) et sont beaucoup plus incertaines pour d'autres (teneur en éléments grossiers, profondeur). Certains paramètres ne sont pas encore disponibles (RU, densité apparente) et devront être estimés avec des fonctions de pédotransfert. Certains produits ont été comparés à des produits européens ou mondiaux et ces comparaisons plaident en faveur d'une approche locale. De façon inverse, les produits nationaux ont été soumis à l'expertise des acteurs régionaux. D'une façon générale, les approches locales ascendantes sont préférables à des approches globales descendantes si l'on considère la précision locale de l'estimation des propriétés. Toutefois, pour parvenir à un produit harmonisé, des approches permettant de mixer des prédictions réalisées de façon différentes semblent être une solution à creuser.

4D very high-resolution topography monitoring of surface deformation using UAV-SfM framework.

Clapuyt, F (1), Vanacker, V. (1), Schlunegger, F. (2), Van Oost, K. (1)

(1) Earth and Life Institute, Georges Lemaître Centre for Earth and Climate Research, Université catholique de Louvain / (2) Institute of Geological Sciences, University of Bern

During the last years, exploratory research has shown that UAV-based image acquisition is suitable for environmental remote sensing and monitoring. Image acquisition with cameras mounted on an UAV can be performed at very-high spatial resolution and high temporal frequency in the most dynamic environments. Combined with Structure-from-Motion algorithm, the UAV-SfM framework is capable of providing digital surface models (DSM) which are highly accurate when compared to other very-high resolution topographic datasets and highly reproducible for repeated measurements over the same study area. In this study, we aim at assessing (1) differential movement of the Earth's surface and (2) the sediment budget of a complex earthflow located in the Central Swiss Alps based on three topographic datasets acquired over a period of 2 years. For three time steps, we acquired aerial photographs with a standard reflex camera mounted on a low-cost and lightweight UAV. Image datasets were then processed with the Structure-from-Motion algorithm in order to reconstruct a 3D dense point cloud representing the topography. Georeferencing of outputs has been achieved based on the ground control point (GCP) extraction method, previously surveyed on the field with a RTK GPS. Finally, digital elevation model of differences (DOD) has been computed to assess the topographic changes between the three acquisition dates while surface displacements have been quantified by using image correlation techniques and cloud comparison algorithm. Our results show that the digital elevation model of topographic differences is able to capture surface deformation at cm-scale resolution. The mean annual displacement of the earthflow is about 3.6 m while the forefront of the landslide has advanced by ca. 30 meters over a period of 18 months. The 4D analysis permits to identify the direction and velocity of Earth movement. Stable topographic ridges condition the direction of the flow with highest downslope movement on steep slopes, and diffuse movement due to lateral sediment flux in the central part of the earthflow.

Apport du sig dans l'evaluation de la qualite des sols du perimetre d'el guerdane plaine de souss massa- maroc

Kaoutar El Oumlouki (1, 2), Rachid Moussadek (2), Houria Dakak (2), Hamza Iaaich (2), Ahmed Douaik (2), Mohamed Taoufiq Chati (3), Azzeddine El Midaoui (1),Mahacine El Amrani (1) Abdelmjid Zouahri (2)

(1)Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Département de chimie, Laboratoire des Procèdes et de Séparation, B.P: 133, 14000, Kenitra, Maroc
(2) Institut National de La Recherche Agronomique, CRRAR, Unité de Recherche sur l'Environnement et la Conservation des Ressources Naturelles B.P: 6356 – Instituts, 10101 - Rabat, Maroc
(3) Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, Direction de l'irrigation

L'étude de la qualité des sols dans les périmètres irrigués est nécessaire pour la mesure de la durabilité du système de production. En effet l'évaluation de cette qualité s'articule autour de la caractérisation physico-chimique de leurs paramètres, ainsi que la connaissance de leurs distributions spatiales et leur évolution dans le temps, en vue d'aboutir à des stratégies de développement agricole durable. Le présent travail a pour objet de faire un diagnostic de la situation actuelle de la qualité des sols qui prévaut dans le périmètre d'El Geurdane plaine de Souss Massa. Il a été basé sur trois campagnes de prélèvements de 39 points du sol répartis sur l'ensemble de la plaine étudiée durant deux ans (2013-2014). Les résultats des analyses montrent que la majorité des sols analysés sont moyennement basiques avec une prédominance des sols isohumiques, siérozéms, subtropicaux et que tous les sols analysés ne présentent pas un risque de salinité de sol. En outre 97% sont très pauvres à moyennement pourvus en matière organique, ils se caractérisent aussi par une richesse au niveau des teneurs en potassium et de faibles teneurs en phosphore. Ensuite, une cartographie thématique pour chaque paramètre a été établie à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG).

Mots clés : Périmètre El Guerdane, Plaine Souss Massa, Sol, Qualité, SIG.

Intégration d'une prospection géoélectrique dans la démarche de cartographie pédologique

Girot G (1)., Séger M (2), Hugard R.(2), Ubertosi M. (2), Cousin I.(2), Mistou M.N.(2)

(1) INRA, unité InfoSol, US 1106, F - 45075 Orléans Cedex 2 (2) INRA, unité de Recherche Sols, F - 45075 Orléans Cedex 2

L'Inra (Institut National de la Recherche Agronomique, France) dispose de domaines dédiés à la conduite d'expérimentations sur des systèmes de culture ou des essais variété. Ces essais de plein champ sont réalisés au sein de parcelles de plus ou moins grande taille ou bien de micro-parcelles de tailles métriques. L'enjeu du projet CAREX est de quantifier les stress impactant potentiellement les systèmes de cultures testés. Outre les données sur le climat, la plante et les itinéraires techniques, il est important d'acquérir des informations sur les types de sols ainsi que sur leur répartition spatiale. Notre étude avait pour objectif de cartographier, avec une résolution adaptée à la taille des essais, les unités homogènes de sols. Pour cela, des cartes de résistivité électrique ont été réalisées pour accompagner la démarche pédologique classique. L'étude a été conduite sur le site expérimental d'Epoisses, au Sud de Dijon (France). Le domaine de 120 hectares est situé dans la plaine alluviale de l'Ouche et est représenté par des sols d'épaisseur variable (20 à 100 cm) développés sur les terrasses d'alluvion argilo-calcaires. Une prospection de type géoélectrique a été réalisée sur ce domaine en novembre 2011 grâce à l'équipement ARP (Automatic Resistivity Profiler) de la société Geocarta. Il s'agit d'un dispositif tracté permettant de mesurer sur trois profondeurs et de manière quasi-continue la résistivité électrique du sol. Cette propriété physique du sol dépend, dans des conditions d'humidité et de température données, de caractéristiques de la nature du sol : granulométrie, teneur en éléments grossiers, profondeur d'apparition du matériau parental. Les cartes de résistivité électrique ont permis dans un premier temps, de raisonner le plan d'échantillonnage pédologique. Les sondages pédologiques ont été positionnés de manière à ce que toute la gamme de résistivité soit explorée en restant proportionnelle à la distribution des résistivités. L'analyse visuelle des trois cartes de résistivité a permis par ailleurs de mettre en évidence des structures particulières de petite taille qui n'auraient pas été visibles sans la mesure géophysique. Au total, 93 points de sondages et 12 profils pédologiques ont été décrits selon la nomenclature du référentiel pédologique 2008 et une classification suivant 9 types de sol a été proposée.

Dans un second temps, une analyse statistique des résistivités pour chaque type de sol a été conduite. Elle met en évidence que trois propriétés du sol ont une influence sur la résistivité électrique : l'épaisseur, le caractère calcique et le caractère hydromorphe. De plus, on constate que les sols courts à forte teneur en éléments grossiers (RENDISOL et RENDOSOL) présentent des résistivités en moyenne plus élevées avec une forte variabilité des mesures. Enfin, on constate que deux valeurs de résistivités identiques peuvent correspondre au même type de sol et qu'il n'est donc pas possible de transformer directement la carte de résistivité en carte des sols. Sur la base de ces observations, la cartographie des sols a été construite en privilégiant, en premier lieu, la démarche de cartographie classique ; puis les contours des unités ont été affinés en prenant en compte les intervalles de résistivités décrits par les indicateurs statistiques et la répartition spatiale des résistivités.

2016 – 2027 : deuxième campagne du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols

Claudy Jolivet, Philippe Berché, Line Boulonne, Sébastien Lehmann, Baptiste Maître, Céline Ratié, Nicolas Saby, Élodie Schellenberger, Nicolas Soler-Dominguez, Benoît Toutain et Marion Bardy

INRA, US 1106 Infosol, F-45075 Orléans, France

Les sols évoluent constamment sous l'effet de grands facteurs naturels et sous l'effet des activités humaines (usages, aménagements fonciers, pratiques agricoles, épandages de boues, retombées atmosphériques, pollutions accidentelles, ...). Ces évolutions d'origine anthropique sont, la plupart du temps, préjudiciables au maintien de la qualité des sols. Elles sont le résultat de processus longs et cumulatifs, difficilement détectables et dont certains sont parfois irréversibles à l'échelle de temps humaine. Le maintien de la qualité des sols rend indispensable de détecter de façon précoce l'apparition et les tendances de ces évolutions. Depuis quinze ans, le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS) répond à ces objectifs d'évaluation et de suivi à long terme de la qualité des sols de France. Le réseau RMQS repose sur le suivi de 2240 sites répartis uniformément sur le territoire français (métropole et outre-mer), selon une maille carrée de 16 km de côté. Des prélèvements d'échantillons de sols, des mesures et des observations sont effectués tous les dix à quinze ans au centre de chaque maille. La première campagne de prélèvement en métropole s'est déroulée de 2000 à 2009, la deuxième se déroulera de 2016 à 2027. Le RMQS couvre également les départements d'Outre-mer : après un déploiement en 2006-2007 aux Antilles, en 2013 à la Réunion et à Mayotte, la mise en place du RMQS se poursuit actuellement en Guyane. L'évaluation et le suivi de la qualité des sols sont fondés sur l'analyse de propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, associée à la recherche des sources de contamination diffuse et à la connaissance de l'historique de l'occupation et des pratiques de gestion de chaque site. La première campagne RMQS, axée sur la contamination des sols, a permis de cartographier les teneurs en 9 éléments traces métalliques : cadmium, cobalt, chrome, cuivre, molybdène, nickel, plomb, thallium, zinc. Grâce aux échantillons archivés par le Conservatoire européen d'échantillons de sols, l'analyse des échantillons se poursuit actuellement par la mesure d'autres contaminants minéraux (As, Hg) et organiques (HAP, PCB, pesticides, dioxines et furanes). La deuxième campagne métropolitaine du RMQS a démarré en février 2016 et se poursuivra durant douze ans jusqu'en 2027. La mise en œuvre de cette nouvelle campagne est coordonnée par l'Unité InfoSol de l'Inra d'Orléans. Elle est réalisée avec la participation de douze partenaires régionaux (chambres d'agriculture, instituts de recherche, établissements d'enseignement supérieur, associations, bureaux d'études, etc.) qui ont été sollicités pour leurs compétences en pédologie pour la totalité de la campagne. Cette campag

La Carte Numérique des Sols de Wallonie : au-delà d'une simple migration de support

Legrain X., Michel B., Roda M. & Colinet G.

ULg-GemblouxAgroBioTech

La carte des sols de la Belgique a été levée et éditée par planchettes à l'échelle du 1/20 000 entre 1949 et 1991. Une légende originale, basée majoritairement sur des critères morphologiques du sol aisément identifiables sur le terrain, a été développée. Ces critères sont traduits en symboles alphanumériques dont la combinaison constitue les unités cartographiques de sols. Les choix opérés en terme de niveau d'informations porté par ces unités suggèrent par ailleurs une lecture spatialisée et localement contextualisée de la carte. Sa numérisation début des années 2000 et la structuration de l'information délivrée par sa légende ont ouvert de nombreuses perspectives en terme d'applications. Cependant, les types de besoin et le mode d'exploitation de l'information sur les sols ont fortement évolué depuis l'édition des planchettes : (i) L'intérêt se porte davantage sur les caractéristiques et propriétés des sols, qui constituent des données d'entrée pour la modélisation de processus. La base de données associée aux unités cartographiques est dès lors privilégiée au dépend de l'information véhiculée par la carte à travers sa dimension spatiale. (ii) La zone d'investigation dépasse le plus souvent la parcelle pour embrasser un territoire plus étendu, de l'entité communale à celle d'une région dans sa totalité. (iii) Les potentiels utilisateurs de ces données évoluent dans des domaines parfois bien éloignés de la pédologie ou de la cartographie. Ils ne maîtrisent donc pas nécessairement les concepts qu'exigent une lecture et une interprétation adéquates de la carte des sols. Une communication précédente (JES 2014) avait montré l'intérêt de se réapproprier la connaissance experte accumulée par les cartographes de la carte et dont une partie nous a été léguée à travers de nombreuses publications ou documents d'archive. Cette présentation-ci démontre, exemples à l'appui, l'intérêt d'aller au-delà d'une reproduction numérique en tout point fidèle à la carte historique pour s'orienter vers un outil fonctionnel plus en phase avec les besoins actuels et adapté aux spécificités et logiques propres aux nouveaux outils de traitement de l'information.

Méthodologie pour l'informatisation et l'actualisation d'une carte pédologique ancienne publiée au 1/100 000

F. Lelu (1), A.C. Richer-de-Forges (1), G.Girot (2), C. Perrier (1), E. Tientcheu (1), D. Arrouays (1)

(1) INRA, unité InfoSol, US 1106, F - 45075 Orléans Cedex 2 (2) INRA, unité de Recherche Sols, F - 45075 Orléans Cedex 2

Le programme de cartographie des sols du territoire français à moyennes échelles (« Connaissance Pédologique de la France » : CPF) lancé en 1968, constitue un volet du programme Inventaire, Gestion et Conservation des Sols (IGCS) du Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (GIS Sol). Il a permis de couvrir environ 24 % du territoire par la cartographie au 1/100 000 et environ 18 % au 1/50 000 (Richer de Forges et al., 2014). Les cartes récentes au 1/100 000 sont informatisées avec une couche graphique utilisable sous SIG et une base sémantique en format Donesol qui est le modèle national. Les cartes anciennes, publiées pendant la période 1960-2000 n'existaient que sous format papier. Aussi, leur informatisation constitue un enjeu important pour sauvegarder et archiver les données acquises et les rendre accessibles. Une méthode de numérisation des cartes pédologiques anciennes au 1/100 000 a été mise en place. Celle-ci comprend : la numérisation des cartes pédologiques et la création d'une base de données sémantiques sous le modèle DoneSol. Cette méthode a néanmoins rencontré des difficultés lors de la retranscription des informations anciennes en raison de leurs quantités et de leurs qualités hétérogènes. Il a donc été nécessaire d'adapter la méthode en ajoutant un retour indispensable sur le terrain pour sa validation. Ce retour sur le terrain pose une autre question : Doit-on alors actualiser les données anciennes avec ces informations récentes ou la mise en base de données doit-elle correspondre uniquement aux données obtenues au moment de la réalisation de la carte ? Les deux approches nous semblent souhaitables : 1) une archive qui donne un « instantané » d'un état passé, 2) une base actualisée qui rend compte de l'évolution de cet état.

Utilisation de la Carte Numérique des Sols de Wallonie comme outil d'estimation des pertes en sols : cas d'étude du bassin versant de Chastre.

MICHEL Brieuc, PINEUX Nathalie, LEGRAIN Xavier , RODA Mathilde , DEGRE Aurore, COLINET Gilles

ULg-GemblouxAgroBioTech

De nos jours, il est reconnu de manière univoque que l'érosion est une des menaces principales sur les sols et plus particulièrement dans les zones cultivées. Le projet GISER (Gestion intégrée sol-érosion-ruissellement) a instrumenté un bassin versant en région limoneuse (zone des grandes cultures en Wallonie) afin d'estimer les dynamiques érosives actuelles. En parallèle, des investigations sont menées afin d'estimer le bilan érosif lié à l'occupation agricole des sols limoneux sur de plus longues durées. La Belgique dispose d'une carte des sols détaillée (1/20.000) qui autorise une représentation relativement fine des couvertures pédologiques et des volumes de sol tels qu'ils ont été rencontrés au moment du levé de la carte (1948-1987). La version numérique (Carte Numérique des Sols de Wallonie pour la région wallonne) permet le croisement avec d'autres couches d'informations numériques. Nous avons évalué si l'acquisition de données actuelles permettait, par comparaison à aux informations historiques, d'estimer le bilan érosif sur une période de plusieurs décennies. L'équipe du PCNSW (Projet de Cartographie Numérique de Wallonie) a dans ce cadre réalisé une cartographie des sols actualisée et détaillée du bassin versant instrumenté par le projet GISER. La présentation fera le point sur les potentialités et limitations d'ordre méthodologique rencontrées dans l'évaluation du bilan érosif depuis 1956 par comparaison des données actuelles avec les données anciennes.

L'Harmonisation des Référentiels Régionaux Pédologiques

Perrier C.(1), Laroche B.(1), Drufin S.(1), Fourvel G.(1), Girot G.(2), Richer-de-Forges A.C.(1)

(1) INRA InfoSol, 45075 Orléans France, (2) INRA UR Sols, 45075 France

Les Référentiels Régionaux Pédologiques (RRP, carte des sols au 1/250 000) sont constitués depuis environ 25 ans par le réseau de partenaires du programme « Inventaire Gestion et Conservation des Sols (IGCS) ». L'acquisition de cette connaissance des sols est réalisée sur des étendues départementales ou régionales (limites administratives). Chaque carte ayant ses auteurs propres, des différences de dessin et de sémantique peuvent apparaître aux frontières administratives sans que celles-ci ne reprennent des limites naturelles et ceci malgré un cahier des charges commun. Afin de pallier ces hétérogénéités, une méthode d'harmonisation a été définie. L'objectif de cette méthode est de construire une seule carte des sols au 1/250 000 (RRP) harmonisée sur la France métropolitaine. Pour cette harmonisation, il est nécessaire d'utiliser une méthodologie fiable et reproductible afin qu'elle puisse être appliquée à chaque RRP de l'ensemble du territoire. La méthode a ainsipour objectif la réalisation de la couche graphique de la carte des sols au 1/250 000 de la France métropolitaine représentant les Unités Cartographiques de Sols (UCS) et de la base de données sémantique associée. . Cette méthodologie s'appuie sur des outils de cartographie numérique des sols (CNS). La méthode d'harmonisation est basée sur la prédiction des sols à partir des données cartographiques existantes. En premier lieu, la zone de prédiction du modèle est définie. Le modèle sera différent pour chaque ensemble de RRP adjacents. Pour réduire au minimum les modifications des cartes initiales au 1/250 000, seules sont sélectionnées les UCS situées en limite de ces cartes. Cette sélection représente la zone d'apprentissage du modèle. Ensuite, les covariables pertinentes sont choisies en fonction des données disponibles et des facteurs de la pédogenèse de la zone d'étude. Par la suite, un modèle de classification « Gradient Boosting Modelisation » (GBM) est appliqué à la zone d'apprentissage. Il prédit des similarités d'UCS de part et d'autre de la limite entre deux cartes initiales. Toutes ces phases de cartographie et de prédiction sont en étroites interactions avec les pédologues auteurs des cartes initiales afin définir et affiner le modèle. Au final, le pédologue reste le seul décideur dans les choix à effectuer pour l'obtention de la carte harmonisée. Grâce à cette méthodologie mise en place, déjà 14 % des limites du territoire ont pu être harmonisées. La cartographie numérique est donc un bon outil pour améliorer les choix des auteurs en vue d'harmoniser les UCS des RRP et ainsi réaliser une cartographie nationale des sols à l'échelle du 1/250 000.

Cartographie prédictive de la présence d'un horizon BP durique (Alios) dans les Landes de Gascogne (France)

Richer-de-Forges Anne, Saby Nicolas, Mulder Vera, Laroche Bertrand, Arrouays Dominique.

INRA InfoSol, 45075 Orléans France

La présence de l'alios, un horizon BP durique, limite fortement les capacités d'enracinement et le réservoir utilisable par les plantations forestières et les cultures dans les Landes de Gascogne. Elle peut aussi influer sur la capacité de résistance au déracinement des arbres lors des tempêtes. Dans certains cas elle peut limiter la capacité d'infiltration des eaux et provoquer des conditions d'anoxie. Dans ce travail nous testons le potentiel d'une cartographie basée sur un échantillonnage réalisé le long des routes et des chemins les plus accessibles et d'une modélisation de type cartographie numérique pour cartographier la probabilité de présence de cet horizon. Nous avons testé deux approches de modélisation pour cartographier cette probabilité. L'une est fondée sur de la géostatique et ne prend en compte que les observations de terrain (Krigeage d'indicatrice), l'autre utilise les observations de terrain et des données environnementales auxiliaires sans une procédure de régression krigeage. L'incorporation de données auxiliaires accroît très nettement la qualité prédictive du modèle et permet de prédire l'occurrence de l'alios avec une précision acceptable. Toutefois, cette précision est encore limitée par la distribution spatiale des points d'observation ainsi que par la résolution spatiale et verticale des données d'entrées auxiliaires. Néanmoins, ces cartes de probabilité peuvent être d'une grande utilité pour la planification régionale en ce qui concerne les plantations forestières, l'utilisation des sols et les projets comportant un volet géotechnique.

Une différenciation sur base du matériau parental au sein des unités de la Carte Numérique des Sols de Wallonie est-elle pertinente pour l'estimation de leurs propriétés physico-chimiques ?

Roda Mathilde, Legrain Xavier, Michel Brieuc, Colinet Gilles

ULg-GemblouxAgroBioTech

De par sa géologie contrastée, la Wallonie présente une diversité pédologique marquée qui se traduit à l'échelle de la Carte Numérique des Sols de Wallonie par plus de 6 000 sigles cartographiques. Dans le but d'évaluer l'importance des matériaux parentaux (MP) dans la différenciation des propriétés des principaux types de sols agricoles en Wallonie, une campagne d'échantillonnage des sols et de leurs MP a été réalisée entre 2008 et 2013. Au total, 193 points ont été échantillonnés en surface et en profondeur (421 échantillons) pour 19 MP. Le panel d'analyses de laboratoire effectuées sur ces échantillons a permis de mettre en avant les signatures physico-chimiques des sols développés sur les différents MP. Sur base de ces premiers résultats, la question suivante se pose : la différenciation de familles de sols selon leur MP est-elle pertinente à l'échelle de la Région wallonne? Les résultats montrent qu'il n'y a pas de loi universelle et que la pertinence dépend du paramètre considéré. On identifie ainsi un ensemble de sols limoneux développés sur lœss, assez homogène en termes de granulométrie et de composition géochimique (teneurs totales). Alors qu'une plus grande variabilité est observée pour les sols sur les MP situés au centre et au sud de la Région wallonne.

Désagrégation spatiale des Unités Cartographiques de Sols en Bretagne en intégrant des relations sol/paysage

Sébastien Vincent, Blandine Lemercier, Christian Walter, Lionel Berthier

AGROCAMPUS OUEST, UMR 1069 SAS, F-35042 Rennes, France; INRA, UMR1069 SAS, F-35042 Rennes, France; Université européenne de Bretagne, France

Des connaissances détaillées sur les sols et leurs distributions spatiales sur de larges étendues sont nécessaires pour différentes applications : gestion des ressources, évaluation des risques, conduite des cultures, etc. Les études pédologiques précises étant le plus souvent rares et disponibles à des résolutions spatiales non adaptées, la Cartographie Numérique des Sols (CNS) constitue le principal outil pour produire des données pédologiques sur de larges étendues à des résolutions fines. Les approches de CNS sont applicables pour des régions disposant de données pédologiques et géographiques suffisantes (cartes de sols, données ponctuelles), et d'informations sur les relations sol/paysage. La Bretagne dispose d'un Référentiel Régional Pédologique au 1/250 000 constitué d'une base graphique (ensemble de polygones, délimitant des Unités Cartographiques de Sols (UCS), se composant de plusieurs Unités Typologiques de Sols (UTS) non spatialisés) et d'une base sémantique décrivant ces objets. 320 UTS ont été décrites; leur superficie relative dans les UCS est estimée, leur organisation spatiale est renseignée, ainsi que des informations ponctuelles (profils, analyses et sondages) associées. Le but de cette étude est de désagréger les Unités Cartographiques de Sols en Bretagne, afin de prédire et cartographier la distribution spatiale des types de sols (UTS). La désagrégation spatiale en pédologie a été utilisée par un nombre restreint d'études dans le monde ; cependant, différentes approches sont possibles, suivant le format des données, et leur disponibilité sur la zone d'étude. Le principe de notre méthode est de prendre en compte dans la prédiction des relations entre les types de sols et leurs caractéristiques géomorphologiques et géologiques. Nous utilisons pour cela des variables explicatives (topographiques, hydrologiques...), et des données ponctuelles de calibration comme données d'entrées dans un algorithme d'arbres de classification. La distribution des sols dans le paysage dépendant principalement de la topographie, du matériau parental et de la dynamique de l'eau (Haering et al., 2012), ces variables sont utilisées pour prédire la distribution spatiale des sols. Ces relations entre le sol et le paysage, et l'expertise pédologique acquise sur le terrain (position dans le versant, hydromorphie du sol…) sont intégrés dans la prédiction, via les échantillons de calibration, en croisant les données de la base sémantique et les variables exhaustives. La précision de la prédiction obtenue est évaluée par plusieurs modalités de validation externe. Le modèle a permis de prédire 304 UTS sur les 320 UTS décrites dans le Référentiel Régional Pédologique, avec un pourcentage de pixels bien prédits dans les trois classes de sols les plus probables compris entre 41 et 93,2 %, suivant la modalité de validation (par pixel, par voisinage de 9 pixels, par proximité sémantique des types de sols). L'introduction de règles basées sur les relations sol/paysage a permis de produire une carte cohérente d'un point de vue pédologique. La prédiction des propriétés de sols à différentes profondeurs, suivant les spécifications du programme GlobalSoilMap, est la prochaine étape de ce travail.

S2 Présentations poster

Optimisation du plan d'échantillonnage de la deuxième campagne du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols pour l'acquisition de références sur une propriété physique des s

BOULONNE Line (1), SWIDERSKI Chloé (1), COUSIN Isabelle (2), SABY Nicolas (1), RATIE Céline (2), JOLIVET Claudy (1)

(1) INRA InfoSol, 45075 Orléans France, (2) INRA UR Sols, 45075 France

Le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS) contient des informations en 2170 points répartis régulièrement sur le territoire métropolitain selon une grille de 16 km de côté. La première campagne de mesures (2000-2009) a permis d'acquérir des références sur des propriétés chimiques des sols. La deuxième campagne a pour objectif premier de pouvoir mettre en évidence, avec un protocole d'échantillonnage adapté, d'éventuelles évolutions dans les propriétés du sol. Elle constitue également une opportunité pour acquérir des données de référence sur des propriétés physiques des sols, parmi lesquelles le RU (Réservoir en eau Utilisable par les plantes). Le coût de la mesure du RU étant élevé, nous proposons ici une méthodologie pour évaluer cette propriété. Cette méthodologie s'appuie sur la connaissance des caractéristiques des sols à l'échelle de l'horizon, issues de la première campagne : il s'agit de classer l'ensemble des horizons du RMQS selon une typologie pertinente au regard de l'évaluation du RU, puis de proposer une valeur mesurée du RU pour chaque type d'horizon selon un principe d'appariement. Cette valeur mesurée sera issue soit d'une base de données préexistante (SOLHYDRO), soit d'une mesure réalisée en laboratoire sur un échantillon prélevé lors de la deuxième campagne. L'enjeu a été donc d'identifier les sites du RMQS sur lesquels doivent être réalisées ces mesures. Cette communication reprend les 4 étapes de la démarche méthodologique conduisant au plan d'échantillonnage de la deuxième campagne du RMQS. 1- l'élaboration d'une typologie d'horizons permettant d'identifier des horizons aux propriétés hydriques contrastées ; cette typologie s'appuie sur le nom de l'horizon (69 possibilités), sur la texture dominante de l'horizon (en 3 classes) et sur la teneur en éléments grossiers de l'horizon (en 3 classes). Nous définissons ainsi 335 types d'horizons. 2- le recensement des horizons de chaque type dans le RMQS et dans la base de données SOLHYDRO rassemblant des valeurs de propriétés hydriques des sols. On montre ainsi que, sur 8491 horizons du RMQS, 4 758 horizons de 1966 profils sont éligibles à une évaluation du RU. De plus, 48 types d'horizons identifiés dans le RMQS sont présents dans la base SOLHYDRO et ont donc un RU déjà connu. Les types d'horizons identifiés pour lesquels aucune connaissance n'est actuellement disponible sont au nombre de 287 et correspondent à 2535 horizons réellement décrits. 3- La réalisation du plan d'échantillonnage du RMQS permettant de prélever prioritairement ces 287 types d'horizons sur lesquels il convient de réaliser une mesure de RU. Ce plan d'échantillonnage doit

Applicasol, l'enrichissement continue!

Girot, G., Héliès, F., Laroche, B., Bardy, M.

INRA InfoSol, 45075 Orléans France

Les bases de données géographiques sur les sols offrent un potentiel d'application très large, que le RMT « Sols et Territoires » souhaite identifier, référencer et partager au travers de l'outil Applicasol. La majorité des régions françaises dispose actuellement de bases de données cartographiques sur les sols au format national DoneSol (Référentiels Régionaux Pédologiques notamment), gérées sous Système d'Information Géographique et Systèmes de Gestion de Base de Données. Les données géographiques sur les sols combinées à d'autres informations (climat, relief, occupation du sol, pratiques agricoles, etc.) offrent une gamme d'applications thématiques très étendue (Le Bas et al., 2004 ; Le Bas et Schnebelen, 2006) : gestion et protection des sols, gestion du territoire, aménagement, zonages, préservation de la biodiversité, etc. De nombreux maîtres d'ouvrages régionaux ont ainsi réalisé de telles applications, en réponse à des enjeux et des demandes exprimées localement ou régionalement. Dans ce contexte, le RMT « Sols et Territoires » s'est donné pour objectif de répertorier les expériences d'applications thématiques élaborées sur différents territoires français et de les porter à connaissance. C'est dans ce sens qu'Applicasol, système d'information référençant et facilitant la mise en commun de l'ensemble des applications thématiques, a été créé. 703 applications thématiques ont été référencées à ce jour. L'objectif de cette communication est de faire un état actuel des informations contenues dans Applicasol et de mobiliser les acteurs pour poursuivre l'enrichissement de cette base de données.

Mapping Topsoil Organic Carbon Content in Luxembourg

Simone Marx (1) , Lionel Leydet (1), Antoine Stevens (2), Bas van Wesemael (2)

(1) Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et de la Protection des consommateurs, Service de pédologie, Ettelbruck (LU) (2) Georges Lemaître Centre for Earth and Climate Research, Earth and Life Institute, Louvain-la-Neuve (BE)

Providing localized predictions of soil properties is needed to assist soil surveyors and land managers, and inform the political debate with quantified estimates of the status and change of the soil resource. Maps can be produced with data originating either from purpose-built soil monitoring networks (SMN) or from previous soil measurements exercises such as soil testing for farmers by commercial/institutional soil laboratories. Although SMN's are likely to provide better and less biased estimates of soil attributes because of their optimal sampling strategy, SMN's are costly to establish, maintain and re-visit. Data gathered from other sources, on the other hand, are often more numerous which might favor greater accuracy in a geostatistical context. Another advantage is that these data are often acquired continuously so that derived-maps can be rapidly and easily improved or updated with upcoming data. In this study, we produce a map of the topsoil Organic Carbon (OC) content of croplands, grasslands, vineyards and forest land of the Grand-Duchy of Luxembourg using more than 2,000 samples analyzed for OC (by dry combustion) in 2012-2014 by the national soil laboratory in Luxembourg. We also provide based on this dataset simple OC statistics for combinations of land cover and soil associations, to set benchmarks OC levels to which future analyses can be compared. To model OC content, this study relies on a set of spatial covariates with a resolution of 90 m, including elevation and its derivatives, land cover, soil texture, climate and livestock intensity. Different spatial prediction models were developed separately for each of the four land cover classes using either Generalized Additive Models (GAM). Carbon content in cropland and forest soils show overall a clear south to north increase in OC in Luxembourg due to a climatic gradient, the North being wetter and colder than the south. In grasslands, OC distribution is highly related to soil types, with more OC in clay-rich soils. Carbon content in vineyards can vary greatly in fields close to each other's and show very little spatial structure. For cropland soils, the model is characterized by a $R^2 = 0.66$ and RMSE = 5.5 g C kg-1 as computed on a validation set. Models developed for the other land covers were less successful ($R^2 < 0.40$). This could be explained either by the relatively low number of sampling points (grasslands) or with the fact that a large part of OC variation occurs over short distances or without any important relationship with the covariates (forest, vineyards). A final, map combining maps of the four land covers and covering almost 90 % of the territory provides detailed information on the current status of OC content in soils of Luxembourg.

The 'DOV-verkenner': the web portal to information of the (sub)soil of Flanders

'DOV-verkenner': explore le sol de la Flandre sur le web

Katrien Oorts[1,*], Sabine. Buyle[1], Marleen Van Damme[2], Linsey Vanthounout[2], Veerle Vanwesenbeeck[2], and Martien Swerts[1]
(1)Soil Protection Service, Environment, Nature and Energy Department, 1000, Brussels,
(2)Subsoil Service, Environment, Nature and Energy Department, 9052, Zwijnaarde, BELGIUM

Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) freely offers data covering the themes soil, geology, geotechnics, groundwater and geothermics for the Flemish region. The users of DOV can be found within a variety of organisations such as governmental institutions, universities, consultancy firms, private sector, citizens, etc. The data that is offered consists of INSPIRE-compliant Open Data, available for re-use. Since 1996, three departments within the Flemish government cooperate to build the infrastructure. The Land and Soil Protection Service of the department of Environment, Nature and Energy is responsible for the soil information. The other partners manage the information concerning geology, natural resources, hydrogeology, geotechnical characteristics and groundwater.
The **soil** part of DOV consists of soil data, soil maps and thematical maps about erosion, landslides and pedological heritage.
The **dataset 'Historische bodemprofielen' (historical soil profiles)** collects the descriptions and analytical results of the 7020 soil profiles from the historical Aardewerk-Vlaanderen-2010 database. The **'Bodemkaart (1:20.000) van België' (soil map (1:20.000) of Belgium)** shows all the information associated with the soil map of Belgium for the Flemish part of Belgium (Figure 1). First of all, the different components of the soil type are explained. If available, general characteristics and a photograph of a representative soil profile are shown for each soil type. Finally, for each location the scan of the original soil map sheet, the information booklet of the map sheet and the basic maps at scale 1:5.000 can be downloaded. In 2017, the description and photographs of 750 soil profiles will additionally be added to DOV. The **'Bodemkaart van België volgens World Reference Base (WRB)'** is a translation of the soil map of Belgium into the WRB soil classification system.
The 'Potentiële bodemerosiekaart per perceel (2016)' gives an indication of the potential **erosion** for each agricultural parcel in Flanders. Additionally, maps with proposed and implemented on-site erosion measures can be consulted.
The risk for **landslides** is shown on the map layer 'Gevoeligheidskaart voor grondverschuivingen' (susceptibility to landslides) and the 'Gekarteerde grondverschuivingen' (mapped landslides).
Most subsoil and soil data can be consulted in the **online 'DOV-verkenner'** (DOV-viewer). The soil data in this application can easily be accessed via the user friendly '**bodemloketten**' (soil portals): https://dov.vlaanderen.be/dovweb/html/bodemloketten.html. The 'bodemloketten' provide a brief description of the available soil information for each soil theme and a direct access to the specific online data in the DOV-verkenner: with a mouse-click you are directed to the optimal combination of thematic maps of a specific soil theme in the DOV-verkenner.
The DOV data can be consulted by employing the online DOV applications, but the use of the DOV **services** is also strongly promoted. These web services are designed according to the open standards and can be integrated in any geographical information system. Users can combine their own data with data collected out of web services or downloaded files, thus creating their own tailor-made geographical environment.

Comment s'assurer de l'absence de biais entre des jeux de données lorsque l'on se base sur plusieurs jeux d'analyses de sol géoréférencées pour cartographier la géochimie des sols?

Benoît PEREIRA, Aubry VANDEUREN, et Philippe SONNET

Université catholique de Louvain, Earth and Life Institute - Environmental sciences

Un grand nombre de jeux de données géoréférencés concernant la géochimie des sols sont actuellement disponibles dans la plupart des régions d'Europe. Ces jeux de données ont été constitués à l'occasion de la réalisation d'inventaires (par ex. : atlas géochimique), ou de collectes de données provenant de l'application de règlementation pour la protection des sols (par ex. : réglementation sur l'épandage de boues de stations d'épuration). Utiliser plusieurs jeux de données pour cartographier la géochimie des sols peut être avantageux pour l'établissement de cartes couvrant de plus grandes étendues et/ou avec une meilleure résolution. Cependant, cette pratique nécessite de vérifier qu'il n'existe pas de biais entre les jeux de données que l'on souhaite utiliser, et de corriger le biais éventuellement détecté. Dans ce travail, nous proposons deux méthodes originales pour évaluer et corriger la présence éventuelle d'un biais entre plusieurs jeux de données. La première méthode peut s'appliquer sur des jeux de données qui sont spatialement distribués de façon similaire. Cette méthode est basée sur le test de Kolmogorov-Smirnov et la régression quantile. La deuxième méthode est basée sur la connaissance préalable des facteurs explicatifs des concentrations observées dans les sols et sur la régression BLS (Bivariate Least Squares). Le champ d'application, les avantages, les inconvénients ainsi que des recommandations pratiques détaillées sont présentés pour chacune des deux méthodes. Afin de démontrer le caractère pratique et l'efficacité des deux méthodes, celles-ci ont été appliquées sur des jeux de données d'analyses de Fe, V et Y dans les sols agricoles européens. Ces jeux de données proviennent de deux grands projets européens de cartographie géochimique: le Geochemical Mapping of Agricultural and Grazing Land Soil in Europe (GEMAS) et le Baltic Soil Survey (BSS). Les deux méthodes ont fourni des résultats similaires, ce qui suggère qu'elles sont suffisamment fiables et efficaces pour permettre au praticien de tirer le meilleur profit du nombre croissant de jeux de données disponibles pour la cartographie de la géochimie des sols.

Cartographie à haute résolution du Réservoir en eau Utilisable, en contexte de sols hétérogènes

Séger M (1)., Girot G.(2), Gaillard H.(1), Bourennane H.(1), Mistou M.N.(1), Cousin I(1)

(1)INRA UR Sols, 45075 France, (2) INRA InfoSol, 45075 Orléans France,

Le réservoir utilisable (RU) d'un sol est la quantité d'eau que ce dernier peut stocker et restituer aux plantes pour leur alimentation hydrique. En pratique, il s'agit de la quantité d'eau contenue entre l'état de « capacité au champ » et de « point de flétrissement permanent ». L'eau stockée dans le sol est aussi dépendante de la nature et la proportion d'éléments grossiers qui peuvent potentiellement retenir de l'eau disponible pour les plantes. A l'échelle d'une parcelle, le RU est susceptible de présenter une forte variabilité, d'autant plus dans un contexte où la profondeur du sol varie significativement. L'objectif de cette étude est de cartographier la variabilité intraparcellaire du RU dans des contextes pédologiques caractérisés par de fortes variations de la profondeur du sol, et par la présence d'horizons caillouteux accessibles aux racines. L'étude a été conduite, d'une part, sur le domaine de l'Unité Expérimentale INRA d'Epoisses, au Sud de Dijon présentant des sols alluviaux d'épaisseur variable (30 à > 200 cm) développés sur les terrasses d'alluvion argilo-calcaires, et d'autre part, sur le site de Villamblain, en Beauce, où les sols argilo-limoneux développés sur le Calcaire de Beauce présentent une variabilité d'épaisseur à très courte distance (parfois métrique) et des teneurs en éléments grossiers très diverses. Pour les deux sites, on dispose d'une carte des sols à haute résolution (1/10000ème) élaborée à l'aide d'une démarche de cartographie classique complétée d'une prospection géoélectrique. Pour chaque unité de sol décrite, nous avons décrit des profils pédologiques et mesuré au laboratoire, pour chaque horizon, les propriétés permettant de calculer leur humidité utile : teneur en eau à la capacité au champ (ici fixée à pF2), teneur en eau au point de flétrissement permanent (ici fixé à pF 4.2) par la méthode des presses à membrane de Richards, et masse volumique apparente par la méthode au cylindre. Pour chaque horizon, nous avons mesuré ou estimé la proportion en éléments grossiers calcaires et déterminé leur masse volumique apparente sèche Les fonctions de pédotransfert proposées par Tétegan et al. (2011) ont permis d'évaluer la contribution des éléments grossiers à l'humidité utile de chaque horizon : cette contribution est quasiment nulle pour le site d'Epoisses mais peut représenter jusqu'à 30 % sur le site de Villamblain. L'ensemble de ces mesures ont permis de proposer des valeurs d'humidité utile par horizon ainsi que des valeurs de RU par profil de sol, pour des profondeurs de 120 cm (profondeur moyenne d'enracinement d'un blé et d'un maïs) et 150 cm. Le RU à 120 cm varie ainsi entre 60 et 130 mm pour le site d'Epoisses et entre 50 et 160 mm pour le site de Villamblain, ce qui démontre une forte variabilité intra parcellaire du RU. Les valeurs de RU mesurées ont été affectées à chaque polygone de cartographie des unités de sol permettant une cartographie très résolue de cette propriété. A l'échelle d'une exploitation agricole ce type de carte peut aider l'exploitant à adapter sa conduite d'irrigation dans le cadre d'une approche d'agriculture de précision. Dans le cadre de sites dédiés à l'expérimentation agronomique, ce type de cartographie permet d'évaluer, par modélisation, les stress hydriques affectant les cultures, ou raisonner l'implantation géographique de microparcelles expérimentales.

Cartographie de l'effet des concentrations en métaux dans le sol sur les organismes terrestres à l'échelle régionale (Wallonie - Belgique)

Aubry Vandeuren, Benoît Pereira, Philippe Sonnet, Koen Oorts

Earth and Life Institute - Université catholique de Louvain ; ARCHE Consulting

Des niveaux élevés de concentrations en métaux dans les sols constituent une menace pour les organismes terrestres pouvant éventuellement mener à une perte de biodiversité et/ou une diminution de la capacité du sol à remplir ses fonctions. Dans ce contexte, les paramètres pédologiques tels que la teneur en matière organique, la teneur en argile, le pH et la capacité d'échange cationique sont connus pour influencer la toxicité de la teneur en métal présente dans le sol. De plus, les seuils de toxicité des métaux dans le sol tels qu'ils sont déterminés par les expériences en laboratoire de marquage de sols de référence à l'aide de solution de sels de métaux sont généralement différents de ceux qui se présentent effectivement sur le terrain. Ces différences sont prises en compte par les facteurs de « vieillissement/lessivage ». Pendant des années, la Wallonie a recueilli une grande quantité d'analyses de sol géoréférencées et a été en mesure de constituer une base de données qui couvre tout son territoire avec une résolution spatiale élevée. Le premier objectif de la présente étude a été de cartographier l'effet des métaux sur les organismes terrestres en tenant compte des paramètres du sol ainsi que les facteurs de « vieillissement/ lessivage ». Ceci a été réalisé en calculant la courbe de sensibilité des espèces pour chaque point d'une grille de 70 000 mailles en utilisant la méthodologie du PNEC Calculator (Predicted No Effect Concentration), qui prend en compte des données de toxicité chronique pour les organismes terrestres et les facteurs de « vieillissement/lessivage » provenant des rapports européens rédigés dans le cadre de l'application de la législation REACH. Le second objectif de cette étude est de comparer la courbe de sensibilité des espèces à la concentration en métaux prédite en chaque point de la grille pour calculer la fraction des organismes potentiellement affectée (FPA). Les FPA dues aux concentrations prédites de zinc et de cuivre ont été calculées. Pour le cuivre, la FPA prédite est inférieure à 5% partout en Wallonie. Pour le zinc, la FPA est supérieure à 10% dans la zone située autour de la ville de Liège. Ce résultat est dû au fait que l'horizon de surface du sol de la zone de Liège a subi un enrichissement élevé en métaux qui proviennent des retombées atmosphériques émises par les anciennes industries de production de métaux non ferreux en activité lors du siècle dernier.

Session 3 Transfert d'eau, de matières et des sédiments de la zone vadose au bassin versant

S3 Présentations orales

Validité de l'estimation des propriétés de rétention en eau de sols syriens à partir de fonctions et classes de pédotransfert développées pour des sols français

AL MAJOU Hassan, KABA Rami, ALMESBER Wassim, BRUAND Ary

Université d'Orléans, CNRS, INSU, Université de Tours, Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO)

To address the lack of data on water retention properties of the Syrian soils, continuous and class pedotransfer functions (FPT and CPT, respectively) established for soils of the French territory were tested on soils originating from four regions of Syria. The samples were collected when the soil water content was near field capacity in winter. The composition of the samples and their water content at seven water potentials were determined. The prediction bias is calculated using the average prediction error (EMP), the precision using the standard error of prediction (ETP) and global quality of the prediction with the mean quadratic error (EQM). The results show that the best prediction was recorded with the FPT established with the water content at field capacity, in particular when they were established after stratification by texture class. This improvement in prediction after stratification by texture class is linked to the fact that the shape of the water retention curve varies with texture, a point of the curve not bringing the same information according to the class of texture. The values of the prediction bias and precision recorded with the FPT and CPT studied are close to those recorded when these FPT and CPT were tested on soils originating from the French territory. Finally, such results are encouraging and support the use pedotransfer functions established for soils of a pedo-climatic zone top soil of another pedo-climatic zone.

Etude du transport préférentiel des solutés dans une zone non saturée hétérogène d'un aquifère calcaire

Emelie Viel, **Yves Coquet**

UMR 7327 ISTO-Institut des Sciences de la Terre d'Orléans, Université d'Orléans, CNRS, BRGM, 1A rue de la Ferolerie, 45071 Orléans cedex 2

Les processus de transport des solutés dans la zone non saturée (ZNS) sont relativement peu étudiés, comparativement aux sols et aux aquifères saturés. Ils peuvent toutefois jouer un rôle important dans le déterminisme et l'inertie des pollutions des eaux souterraines, lorsque l'épaisseur de la ZNS est importante. C'est le cas pour l'aquifère des Calcaires de Beauce, dont la ZNS peut s'étendre jusqu'à plus de 20 m d'épaisseur. Deux colonnes non perturbées ont été prélevées en dessous des horizons du sol, dans deux matériaux représentatifs de la ZNS des Calcaires de Beauce : la colonne '6' a été prélevée dans un calcaire meuble fin homogène ; la colonne '8' a été prélevée dans un calcaire meuble hétérogène grossier. Un traceur inerte conservatif (bromure ou fluorobenzoate) a été injecté sous la forme d'un signal impulsion au sommet de chacune des deux colonnes à l'aide d'un simulateur de pluie. Le flux de sortie a été collecté en fonction du temps et le percolat, analysé par chromatographie liquide haute performance (HPLC) pour mesurer la concentration du traceur. Les courbes d'élution du traceur ont été obtenues en régime permanent, pour trois intensités de précipitation, 4, 8, et 16 mm/h. Des élutions ont été aussi réalisées avec interruption du flux, avec ou sans drainage des colonnes, aux intensités 4 et 8 mm/h. STANMOD a été utilisé pour chaque courbe d'élution (BTC) pour estimer les paramètres de transport. L'équation de convection-dispersion classique permet de décrire correctement les courbes d'élution obtenues en régime permanent pour la colonne 6, mais l'ajustement du modèle eau mobile – eau immobile est nécessaire pour décrire de façon satisfaisante les BTC de la colonne 8 obtenues en régime permanent. Pour cette colonne, la fraction d'eau immobile varie peu avec le flux d'infiltration, avec une valeur moyenne de 38 %. La forme de la BTC n'est pas significativement affectée par une interruption de flux sans drainage pour la colonne 6 aux flux 4 et 8 mm/h. Elle l'est, en revanche, pour la colonne 8, pour laquelle on observe une diminution de la concentration en traceur à la reprise de l'écoulement. Pour les interruptions de flux avec drainage, on observe une augmentation des concentrations pendant la période de ressuyage, pour les deux colonnes, quel que soit le flux d'infiltration, précédée d'une diminution, plus marquée au flux 8 mm/h qu'au flux 4 mm/h, dans le cas de la colonne 8. Les différences de comportement entre les colonnes peuvent s'expliquer par les différences de structure du calcaire. La fraction d'eau immobile est significative seulement pour la colonne composée du calcaire hétérogène. Toutefois, les phénomènes de non-équilibre physique de type eau mobile/eau immobile semblent, en partie, dépendant de la vitesse de déplacement de la phase liquide dans le matériau.

Modélisation numérique d'un bassin versant de plaine agricole

Grangeon Thomas (1,2), Vandromme Rosalie (2) , Manière Louis (1), Landemaine Valentin (2,3), Salvador-Blanes Sébastien (1), Cerdan Olivier (2)

1: E.A. 6293 GéHCO, GéoHydrosystèmes Continentaux, Université F. Rabelais de Tours, Faculté des Sciences et Techniques, Parc de Grandmont, 37200 Tours
2 : Département Risques et Prévention, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans
3 : UMR CNRS 6143 Morphodynamique Continentale et Côtière

Les bassins versants de plaine ont été largement modifiés durant le 20e siècle afin d'en améliorer la productivité agricoles, par exemple via le remembrement des réseaux, l'effacement des haies et l'installation de réseaux de drainage. Ces modifications ont cependant altéré le fonctionnement des bassins versants, résultant parfois en une dégradation de la qualité des masses d'eau. Cette dégradation est par exemple due à un transit facilité des matières en suspension vers le réseau et une intensification du phénomène d'érosion de berges. Comprendre la dynamique hydro-sédimentaire de ces bassins est un préalable indispensable à la mise en place de stratégies de gestion adaptées visant à rétablir le bon état de ces masses d'eau. Dans ce cadre, cette étude s'intéresse au cas d'un petit (≈20 km²) bassin versant d'Indre-et-Loire, le Louroux. Ce bassin est caractérisé par une pente générale très faible et des précipitations faibles à modérées. En conséquence, les processus générant les flux liquides sont multiples : le ruissellement par excès de la capacité d'infiltration et par saturation sont possibles. La présence d'un réseau de drainage affecte d'autre part fortement la dynamique de ces flux. Par ailleurs, les études menées sur ce bassin montrent qu'il influence également la dynamique des flux solides, en plus des processus de surface, ce qui en complexifie la compréhension et donc la représentation dans les modèles numériques. Face à ce constat, la mise en œuvre d'une démarche de modélisation hydro-sédimentaire sera discutée. On s'attachera en particulier à tenter de trouver un compromis entre une représentation correcte des processus à l'œuvre sur le terrain et un niveau de complexité permettant de les renseigner de manière suffisamment précise, tout en limitant la sur-paramétrisation. C'est dans cette optique que le modèle WATERSED, basé sur le modèle STREAM, est actuellement développé. Le modèle sera présenté et ses spécificités discutées, particulièrement les possibilités d'y inclure les transferts par la subsurface, supposés non-négligeables dans cet environnement. Les modélisations effectuées seront comparées aux données issues du réseau de mesure, qui comprend cinq stations. Elles permettent une évaluation de la qualité des simulations pour différents sous bassins versants du Louroux. Par ailleurs, une station est spécifiquement dédiée à la mesure des flux issus du réseau de drainage, qui sera utilisée pour discuter la pertinence de l'approche choisie pour les représenter.

Le bassin versant du Louroux : un site de référence pour la caractérisation et la quantification des transferts de matière solide en contexte de plaine agricole drainée

SALVADOR-BLANES Sébastien1, CERDAN Olivier2, EVRARD Olivier3, FOUCHER Anthony1, LEGALL Marion3, MANIERE Louis1, GRANGEON Thomas1, VANDROMME Rosalie2, DESMET Marc1, AYRAULT Sophie3, LEFEVRE Irène3, MATHIEU Aurélia1, CHIRIE Gaëtane1, CHAPALAIN Marion1

1 : EA 6293 GéoHydrosystèmes Continentaux, Université François Rabelais, Faculté des Sciences et Techniques, Parc de Grandmont, 37200 Tours. salvador@univ-tours.fr. 2 : Département Risques et Prévention, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans. o.cerdan@brgm.fr. 3 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE/IPSL), UMR 8212 (CEA-CNRS-UVSQ), Avenue de la Terrasse, Tours

Les larges modifications des paysages ruraux depuis la seconde moitié du XXème siècle ont eu des conséquences importantes sur les transferts hydrosédimentaires, qui se manifestent notamment par une altération morphologique généralisée des têtes de bassins en contexte agricole de plaine. Cette altération se manifeste en particulier par un colmatage et un envasement des masses d'eau, qui ne permet pas d'atteindre le bon état écologique des eaux requis par la Directive Cadre sur l'Eau. Par ailleurs, les recherches menées dans ces contextes sont rares. La compréhension de la dynamique hydrosédimentaire au sein des plaines agricoles drainées constitue par conséquent à la fois un enjeu de recherche, pour une meilleure compréhension des processus de transferts, et un enjeu pour la gestion de la qualité des eaux. L'Université de Tours, le BRGM et le CEA se sont par conséquent associés en 2011 pour mieux comprendre cette dynamique à l'échelle du paysage. Le bassin versant du Louroux (Indre-et-Loire), d'une superficie de 24 km², est caractéristique des bassins versants agricoles de plaine, intensivement cultivés, et drainés. Il présente un étang datant du XIème siècle à son exutoire, d'une superficie de 52 ha. Il est donc possible, dans ce contexte, d'étudier les transferts hydrosédimentaires à la fois sur les versants, au sein des cours d'eau, mais également dans leur dimension historique par les archives que constituent les sédiments accumulés au fond de l'étang. L'approche est donc multiple, et vise à étudier chacun des compartiments de mobilité de la matière solide : (i) étude de la mise en mouvement du matériel sur les versants, liée à l'érosion de surface sur les parcelles agricoles, à l'export de matière via les réseaux de drainage, mais également par l'érosion des berges des fossés et cours d'eau. (ii) étude des flux de matière au sein des tributaires de l'étang, permise par la mise en place depuis 2013 de stations instrumentées pour la mesure du débit et de la charge en matières en suspension. (iii) étude de la dynamique de transfert de la matière à moyen terme par l'étude de la dynamique d'accumulation des sédiments au sein de l'étang. (iv) étude de la part de la matière transférée par les différentes sources (sols/drains/berges) par la méthode de fingerprinting. Les principaux résultats de cette étude en cours montrent une dynamique de transfert sédimentaire aujourd'hui 60 fois plus rapide qu'avant les changements agricoles. Les transferts de matière solide au sein des cours d'eau se font en quelques crues au cours de l'année, et représentent entre 0,1 et 0,3 t/ha/an de matière issue des versants. Ces valeurs, relativement faibles, sont néanmoins suffisantes en contexte de plaine pour provoquer le colmatage et l'envasement des cours d'eau. L'étude des traceurs (en particulier ^{137}Cs, $^{87}Sr/^{86}Sr$) permet de montrer que l'érosion issue des berges ne représente qu'une part négligeable des transferts au cours des crues, et représente au total de l'ordre de 10 à 20% des exports de matière, les 80 à 90% restants étant donc liés à l'érosion de surface et à l'export via les réseaux de drainage. La taille particulièrement fine des particules transférées, de l'ordre de

10^1 µm en moyenne, laisse supposer une contribution non négligeable des réseaux de drainage. La poursuite des mesures des flux hydrosédimentaires au sein des cours d'eau, ainsi que l'instrumentation de sorties de drains, devraient permettre de préciser cette contribution relative. Par ailleurs, l'application du modèle d'érosion WATERSED au contexte du Louroux permettra d'étudier la possibilité d'inclure ces processus de transferts de subsurface dans les simulations numériques de transfert de matière au sein des bassins versants.

S3 Présentations poster

Performance of the drainage network and Quantification of dose leaching in irrigated perimeter of Lower Chéliff (Algeria)

Akkacha. A, Douaoui. A

Université Hassiba Ben Bouali de Chlef, Hay elsalem route national n°19 02000 Chlef, ALGERIE

Salinization scale of the plot has been monitored in five farms of 41 months between May 2009 and August 2012. The choice of plots, eight in number, was made taking into account, for irrigation practices, of the type of irrigation, the existence or absence of the drain and source of water. In the physical environment, the criteria are: the salinity of the water, soil type, crop type and rainfall. The results show that for all plots, soil salinity increases systematically during the period of irrigation which coincides with the summer high evaporation and also decreases systematically during the rainy season and that whatever practices and environmental conditions. For drained plots, winter leaching reaches 80% of the salts belonging to the surface layers (0-20 cm). Changes in salinity over the entire measurement period shows different trends depending on the plot whose main discrimination tantamount to the existence or absence of drains which respectively show a clear trend of decreasing salinity one hand and secondly even a stable upward trend for some parcels. The influence of water quality occurs in the non-drainage position and / or when the texture is heavy. The action of the texture appears in the case of non-drained soils where clay soils show a trend of larger increase than the medium textured soils (sandy loam). The type of crops that are themselves chosen according to the nature of soil and water quality does not seem to play a significant role in soil salinity. It follows, finally, that the role of the drainage and rainfall are those most involved in the control and dynamics of salinity in the plain of Lower Cheliff.

Water retention property of peat materials, analysis of peat properties and water retention

Al Majou Hassan, Lagoun Fatima, Gogo Sébastian, Bruand Ary

Université d'Orléans, CNRS, INSU, Université de Tours, - Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO), 1A Rue de la Férollerie, 45071 Orléans Cedex 2, France, Université de Damas, Département des Sciences du Sol, Faculté Agronomique, PO Box 30621, Damas, Syrie, General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR), Al-Qamishli Agricultural Research Center, Al-Qamishli, Syria

Les tourbières sont des milieux humides caractérisées par l'accumulation de la matière organique produite par un bilan hydrique positif du milieu, et une accumulation de la biomasse végétale produite chaque année par la photosynthèse plus qu'elle ne se décompose. Ainsi qu'une capacité de rétention en eau élevée qui lui permet de fonctionner comme réservoir d'eau ou éponge. L'objectif de cette étude est de connaître et comprendre le rôle des caractéristiques de tourbe dans les propriétés de rétention en eau. Plusieurs campagnes d'échantillonnage ont été effectuées dans quatre sites de tourbière en France. Pour chaque échantillon et selon le degré d'évolution de la tourbe, 6 tranches de 5 cm d'épaisseur ont été réalisées. Les propriétés physiques et hydriques, ainsi une étude de l'état structural par image de tomographie x, ont été déterminées. Les résultats montrent clairement que les teneurs en eau volumiques aux différentes valeurs de potentiel peuvent être très variables entres les horizons (épaisseurs) d'un même profil (échantillon). Cette variation de la teneur en eau pour chaque horizon, s'explique en premier lieu par le degré de décomposition, où la tourbe en profondeur est plus décomposée qu'en surface, ce qui provoque une diminution de la porosité, et du volume spécifique calculée à partir de la densité apparente. Le teste du degré d'humification par l'indice au pyrophosphate montre que pour certaines espèces (Sphaignes, Molinies) à une certaine profondeur, le processus d'humification (transformation partielle en substance humique) restant très faible et limité dans le temps du fait des conditions acides et anoxiques qui empêchent la transformation de se poursuivre. Les valeurs de la densité apparentes paraissent élevées en profondeur qu'en surface excepté pour certains horizons, et la proportion de variance de la teneur en eau expliquée par la densité apparente (état structural), augmente lorsque le potentiel décroît, c'est-à-dire que la densité explique 26% à -0,1 kPa alors qu'elles explique 61% et 52% à -10 kPa, -1500 kPa respectivement. Enfin, les images réalisées par tomographie x d'un horizon (25-30 cm) montrent une variabilité élevée de la porosité, ce qui relève un horizon plus poreux que ceux de surface.

Utilisation du modele hydrologique 1-d pour definir des scenarios de remediation de la salinite des sols

Ismaiel Berka (1), Christian Walter (2), Hongtao Hao (2), Didier Michot(3), Kaddour Djili(4)

(1)Univ Ouargla, Fac. des sciences de la nature et de la vie, Lab. de Recherche sur la Phœniciculture, Ouargla 30000, Algeria ; (2)Agrocampus Ouest, INRA, UMR 1069 SAS. 65 rue de Saint Brieuc - CS 84215. F-35042 Rennes Cedex - France; (3)Ecole Nationale Supérieure Agronomique – Algiers (ENSA ex. I.N.A, Algiers), (4)Hassen Badi El Harrach 16051 (Algeria)

L'oasis de Ouargla (sud-est algérien), qui appartient à un contexte environnemental aride, est soumise de plus aux effets négatifs de la salinisation de ses sols et à la remontée des eaux salées de la nappe phréatique, due principalement à une irrigation et à un assainissement mal gérés à l'échelle de la palmeraie. Comprendre l'évolution de la salinité à l'échelle de la palmeraie en tenant compte de l'état initial observé et de l'évolution, au cours de la période d'étude, des conditions climatiques, des niveaux de la nappe, des apports d'eau par irrigation, de la qualité de l'eau et de l'évapotranspiration est une question cruciale dans les oasis sahariennes pour anticiper la salinisation et protéger ce patrimoine ancestral. L'objectif de cette étude est de développer une démarche de modélisation représentant l'évolution verticale de la salinité qui menace la zone racinaire du dattier. Cette étude compare deux scénarios de positions de la nappe phréatique. Une situation où la nappe est toujours maintenue fixe à une profondeur de 2 m de la surface du sol et une seconde situation où la nappe est fluctuante. Pour chacun de ces scénarios, nous avons testé trois doses d'eau d'irrigation : la dose actuelle (3,4 cm), une irrigation réduite (1 cm) et une irrigation accrue (5 cm). La modélisation HYDRUS 1-D indique que la fluctuation de la nappe phréatique a plus d'effet sur la salinisation de la zone racinaire du palmier dattier que la dose d'irrigation réduite 1 cm. A l'opposé, la dose accrue de 5 cm est optimale au maintien de la salinité au niveau le plus bas (< 3 dS.m-1) pourvu qu'elle soit ajustée à la fois au contexte hydrologique local et à l'état actuel de la salinité.

Mots clés : modélisation hydrologique, HYDRUS 1-D, cuvette de Ouargla, oasis, climat aride, sols sableux, nappe phréatique, salinité.

Influence of plant roots on electrical resistivity measurements of cultivated soil columns

Sophie Maloteau (1), Guillaume Blanchy (1), Mathieu Javaux (2,3), Sarah Garré (1)

(1) Water-Soil-Plant Exchanges, BIOSE Department, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liège, Gembloux, Belgium (2) Earth and Life Institute, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium (3) Agrosphere, Forschungszentrum Juelich GmbH, Germany

Electrical resistivity methods have been widely used for the last 40 years in many fields: groundwater investigation, soil and water pollution, engineering application for subsurface surveys, etc. Many factors can influence the electrical resistivity of a media, and thus influence the ERT measurements. Among those factors, it is known that plant roots affect bulk electrical resistivity. However, this impact is not yet well understood. The goals of this experiment are to quantify the effect of plant roots on electrical resistivity of the soil subsurface and to map a plant roots system in space and time with ERT technique in a soil column. For this research, it is assumed that roots system affect the electrical properties of the rhizosphere. Indeed the root activity (by transporting ions, releasing exudates, changing the soil structure,…) will modify the rhizosphere electrical conductivity (LOBET G. ET AL, 2013). This experiment is included in a bigger research project about the influence of roots system on geophysics measurements. Measurements are made on cylinders of 45 cm high and a diameter of 20 cm, filled with saturated loam on which seeds of Brachypodium distachyon (L.) Beauv. are sowed. Columns are equipped with electrodes, TDR probes and temperature sensors. Experiments are conducted at Gembloux Agro-Bio Tech, in a growing chamber with controlled conditions: temperature of the air is fixed to 20°C, photoperiod is equal to 14 hours, photosynthetically active radiation is equal to 200 µmol m-2s-1, and air relative humidity is fixed to 80 %. Columns are fully saturated the first day of the measurements duration then no more irrigation is done till the end of the experiment. The poster will report the first results analysis of the electrical resistivity distribution in the soil columns through space and time. These results will be discussed according to the plant development and other controlled factors. Water content of the soil will also be detailed.

Reference LOBET G, HACHEZ C, CHAUMONT F, JAVAUX M, DRAYE X. Root water uptake and water flow in the soil-root domain. In: Eshel A and Beeckman T, editors. Plant Roots. The Hidden Half. Boca Raton (US):CRC Press,2013. p. 24-1—24-13.

Suivi et quantification des transferts de matière dans un bassin versant agricole de plaine drainé

Maniere Louis(1), Salvador-Blanes Sébastien(1), Grangeon Thomas(1), Foucher Anthony(1), Cerdan Olivier(2), Evrard Olivier(3), Mathieu Aurélia(1), Desmet Marc(1)

1 : E.A. 6293 GéHCO, GéoHydrosystèmes COntinentaux, Université F. Rabelais de Tours, Faculté des Sciences et Techniques, Parc de Grandmont, 37200 Tours 2 : Département Risques et Prévention, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans 3 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE/IPSL), UMR 8212 (CEA-CNRS-UVSQ), Avenue de la Terrasse, 91198, Gif-sur-Yvette

L'accroissement de la connectivité sédimentaire des versants au cours d'eau peut induire des augmentations des transferts de matière en suspension (MES). Ce processus peut être un facteur important de dégradation des milieux aquatiques par le colmatage, l'interception de la lumière et le transport de polluants. Pour répondre à ces enjeux, le bassin versant du Louroux a été instrumentée depuis 2013 de façon à mieux comprendre la dynamique de transfert, encore peu étudiée dans les bassins versants de plaine agricole. Ce bassin de 2400 hectares comprend essentiellement des parcelles cultivées majoritairement drainées. L'instrumentation comprend actuellement six stations hydrosédimentaires d'acquisition haute fréquence (15 minutes) réparties de façon à couvrir l'ensemble du bassin versant, deux sous-bassins et un réseau de drainage enterré. Cette installation a ainsi pour objectifs : - La quantification des flux sédimentaires et leur caractérisation à différentes échelles temporelles et spatiales. - L'amélioration de la compréhension du rôle des systèmes de drainage souterrain dans les exports de particules. Le calcul des flux sédimentaires nécessite le suivi en continu des débits et de la concentration en MES. Les concentrations en MES sont calculées après étalonnage des mesures de turbidité à l'aide de préleveur automatique. La mesure de la turbidité intégrant à la fois la concentration en particules, leur granulométrie, leur nature et la couleur de l'eau, l'étalonnage est très dépendant du site de mesure et de l'emplacement du capteur dans la colonne d'eau. De nombreux artefacts peuvent être présents dans les chroniques de turbidité (débris, particules grossières, bulles d'air). Il est donc nécessaire de prendre en compte une mesure à haute résolution temporelle afin de faciliter le filtrage des données avant leur utilisation. Ce suivi permet la comparaison des flux de matière à différentes échelles temporelles sur l'ensemble du bassin versant et par sous-bassin (variations intra-crues, annuelles, interannuelles). Sur l'année 2014-2015, une dynamique hydrosédimentaire similaire est observée sur l'ensemble du bassin versant. Quelques crues suffisent à transférer la majeure partie des flux de particules. Entre 60 et 75% des quantités totales de MES sont exportées en 2% du temps, soit en approximativement une semaine dans l'année. Les flux observés en sortie de drain suivent la même dynamique, avec toutefois un transfert de la majeure partie des MES sur des temps encore plus courts. La granulométrie des particules en sortie du drain est particulièrement fine, avec un D50 pouvant être inférieur à 1µm sur certaines crues. Les incertitudes principales sont donc liées à l'estimation des flux de MES au cours des quelques crues les plus importantes. Les taux de transfert par bassin versant montrent des disparités spatiales significatives, très probablement dues aux différences d'occupation du sol. Les quantités spécifiques observées sont d'environ 0.1t/ha/an sur les différents sous-bassins à l'exception de celui le plus forestier avec des taux d'érosion de 0.02t/ha/an pour l'année 2014-2015. Ces taux restent donc faibles mais néanmoins suffisants à l'envasement des milieux aquatiques. Les quantités exportées ont fortement varié entre les deux années hydrologiques suivies. Les flux sédimentaires ont évolué d'un facteur 3 entre

deux années hydrologiques pour une même station (de 0.3t/ha.an à 0.1t/ha.an entre 2013-2014 et 2014-2015). La poursuite du suivi permettra de préciser l'amplitude de ces variations.
La caractérisation de ces processus pourra ainsi contribuer à l'identification des principaux facteurs et périodes d'alimentation en sédiments fins en lien avec l'occupation du sol et les pratiques agricoles. Ces analyses s'inscrivent alors dans une perspective opérationnelle plus large de réduction des transferts de matière et d'amélioration de la qualité des milieux aquatiques des bassins agricoles de plaine.

Limites méthodologiques pour caractériser le comportement hydrostructural d'un sol argileux salé (région de Kairouan, Tunisie Centrale)

Bessma Zarai (1), Hanane Aroui Boukbida (2), Mohamed Hachicha (1), **Jean-Pierre Montoroi** (2)

(1) INRGREF, Tunis, Tunisie ; (2) IRD, Bondy, France

Au laboratoire, la caractérisation hydrostructurale d'un échantillon de sol consiste à mesurer la variation de son volume en fonction de sa teneur en eau pondérale. L'échantillon est préalablement saturé per ascencum par une eau permutée, donc très faiblement minéralisée, en le plaçant sur une colonne de sable calibré sous une faible charge hydraulique (entre -100 et -20 mm d'eau). Une fois l'état de saturation atteint, l'échantillon est desséché dans une étuve régulée à 30°C. Au cours de la phase de dessiccation, les mesures de volume et d'humidité pondérale sont enregistrées automatiquement à un pas de temps régulier. L'échantillon final est séché à 105°C, pesé et son volume final mesuré par la méthode du sachet en plastique sous vide. Les données acquises permettent d'obtenir la courbe de retrait. La même méthodologie appliquée à un sol argileux salé de Tunisie montre quelques singularités. En effet, au cours de la phase d'humectation atteignant la saturation plus ou moins complète de l'échantillon de sol, on constate que la salinité de la solution du sol varie. Les mesures de conductivité électrique 1/5 (CE1/5) faites sur l'échantillon initial (séché à l'air avant humectation) et l'échantillon final (séché à 105°C après dessiccation en étuve) montrent une diminution significative. En revanche, les mesures de CE1/5 dans la colonne de sable et de CE de l'eau permutée indiquent une augmentation des valeurs. Les changements continus de la salinité de la solution du sol sont dus à des processus de dissolution minérale et de désorption cationique par les minéraux argileux. La modification de la salinité du sol va influer sur l'organisation structurale du sol et, par conséquent, sur la courbe de retrait. L'interprétation des courbes de retrait, relatives à des sols dont la salinité est variable, sera d'autant plus discutable. En conclusion, il serait judicieux d'adapter la méthode de saturation avec une eau permutée lorsqu'on l'applique à des sols salés. L'idéal serait de saturer le sol avec une eau de salinité identique à la salinité dudit sol. Au-delà du niveau de salinité de la solution du sol, sa composition chimique et, plus spécifiquement, son faciès chimique est à prendre en compte. Comme le paramètre « salinité de la solution du sol » est très variable, se pose alors la question de trouver l'eau de saturation « idéale ». L'eau d'une nappe salée alimentant directement un sol pourrait convenir, mais cela suppose un prélèvement complémentaire. Reconstituer au laboratoire une eau de salinité et de composition chimique donnée est également faisable, mais alourdirait considérablement le protocole expérimental.

L'érosion des sols : comparaison de différentes méthodes de mesure à l'échelle du bassin versant et analyse de leur cohérence

Pineux N(1)., Bielders C.(2) et Degré A.(1)

(1) Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, (2) Earth and Life Institute-Environmental Sciences, Université catholique de Louvain;

L'union européenne a identifié l'érosion comme une des menaces majeures pesant sur les sols, considérant ses impacts négatifs en termes de diminution des rendements des cultures, d'envasement des rivières, de perte en qualité des eaux de surfaces et des coulées de boue. Des quantifications de l'érosion à de larges échelles sont donc impérativement nécessaires pour étudier ces impacts environnementaux ainsi que pour concevoir des mesures antiérosives. Modéliser et prévoir l'érosion est aussi un challenge majeur. Une large variété de modèles de prédiction sont actuellement disponibles mais partagent une exigence commune : ils ont tous besoin de données de terrain pour la calibration et la validation. Or, actuellement, les données de terrain sont insuffisantes, et ce particulièrement à l'échelle du bassin versant. En effet, la plupart des données d'érosion disponibles sont acquises à l'échelle de la parcelle. C'est la raison pour laquelle nous avons instrumenté, depuis 2012, un bassin versant expérimental agricole de 124 ha en Wallonie. Il est représentatif de la région limoneuse car il est recouvert de lœss quaternaire, affecté par de l'érosion diffuse, et a un relief peu marqué. Des appareils présents en continu sur le site permettent d'obtenir des mesures d'érosion et/ou de déposition à différents exutoires. Des appareils de mesure de débit couplés à des échantillonneurs automatiques de sédiments dans l'eau de ruissellement sont d'abord disposés en 4 points de la zone de l'amont vers l'aval le long des axes de ruissellement concentré. Des mesures sélectives des sédiments sont aussi réalisées par l'intermédiaire de règles graduées disposées après le semis sur des zones où de l'érosion ou du dépôt est attendu, permettant la lecture de la variation de hauteur après chaque évènement majeur. Par ailleurs, vu les changements permanents de topographie du sol dans les paysages agricoles, il est aussi important d'obtenir une spatialisation des phénomènes d'érosion et de déposition à l'échelle d'un bassin. La mesure répétée dans le temps de ces changements est un des moyens d'obtenir ces schémas de distribution spatial. Mais traditionnellement, ces mesures sont des méthodes de contacts donc destructrices et ne permettent pas une couverture continue de l'espace ni une haute densité d'échantillonnage, ou sont très consommatrices en temps et couteuses. Notre étude a donc choisi des méthodes originales de mesure de l'érosion comme d'une part, l'analyse d'un modèle numérique de surface très précis (pixel de résolution en X-Y de 6,76 cm) obtenu par un drone chaque année sur les parcelles nues au moment du vol. D'autre part, toujours dans un contexte de diversification des outils pour mesurer les changements de relief, un nouveau levé pédologique du bassin a été réalisé pour le comparer à celui existant datant de 1956, ces levés détaillant spatialement la profondeur des horizons.
Dans ce poster, toutes ces mesures seront confrontées entre elles et leurs différences seront discutées.

Quelle est l'influence de l'architecture du réseau poral du sol sur ses capacités de transfert ?

Smet S., Beckers E., Degré A.

Univ. Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, BIOSE, Echanges Eau-Sol-Plantes. 5030, Gembloux, Belgique

Le sol en tant qu'écosystème complexe joue un rôle primordial dans la régulation de notre environnement et une bonne compréhension de son fonctionnement est dès lors primordiale. Cependant, il n'est pas encore clairement établi comment prendre en compte la structure de l'espace poral du sol dans l'étude de ses variables de transport, c'est-à-dire comment intégrer l'échelle microscopique du sol, où le pore est le composant principal, dans la description et la prédiction de son comportement à l'échelle macroscopique (échelle d'un échantillon de sol). L'objectif de cette étude est d'explorer les relations entre les propriétés physiques macroscopiques d'échantillons de sol et la structure microscopique de leur réseau poral. La conductivité hydraulique à saturation (Ksat), la courbe de perméabilité à l'air (ka(εa)) ainsi que la courbe de rétention (courbe pF) de 10 échantillons de sol prélevés en zone agricole ont été mesurées. Les caractéristiques du réseau poral de ces mêmes échantillons ont été quantifiées grâce à la technique micro-tomographique aux rayons X. Les premiers résultats suggèrent que log(Ksat) et log(ka(10kPa)) sont liés par une fonction linéaire comme il a déjà été décrit dans d'autres études. La relation entre log(Ksat) et la pente de la droite log(ka)-log(εa) est une fonction puissance, ce qui suggère que l'eau utilise les pores vidangés à de faibles pressions comme lieu de transfert. Ensuite, la dimension fractale du réseau poral calculée à partir des images obtenues par microtomographie à rayons X (FD_CT) et la dimension fractale issue de la courbe pF (FD_PF) sont significativement différentes. La différence entre les deux valeurs (FD_CT-FD_PF) est négativement corrélée à la porosité calculée sur images et positivement corrélée la longueur totale du réseau poral. Nous suggérons que la divergence entre FD_PF et FD_CT est due, d'une part, au fait que toute la porosité n'est pas visible sur les images obtenues par microtomographie à rayons X et, d'autre part, à la complexité du réseau poral qui est visible aux rayons X mais non prise en compte lors du calcul de FD_PF. Nous avons observé une corrélation négative entre le volume moyen des pores et la pente de la relation log(ka)-log(εa) ce qui suggère que l'air utilise au fur et à mesure les pores qui sont vidangés par une pression de succion croissante. La grande variabilité des mesures de Ksat n'a pas permis de tirer de conclusions quant à l'impact du réseau poral sur la capacité du sol à conduire l'eau en milieu saturé. L'analyse des données est toujours en cours et plus d'expérimentations seront réalisées afin de soutenir ces premiers résultats.

Impact de la réutilisation des eaux usées épurées sur les propriétés chimiques du sol. Cas de la station d'Ain Defla

Sami Touil

Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Systèmes Sol – Eau. Université de Liège

Les eaux usées épurées constituent une importante source d'eau et de nutriments pour de nombreux agriculteurs sous les climats arides et semi-arides. Une enquête de terrain a permis de cibler deux sites d'études, un témoin irrigué par une eau de forage et un autre irrigué par un pompage à partir d'un cours d'eau alimenté principalement par les rejets de la station d'épuration des eaux usées d'Ain Defla. L'idée de ce travail était d'évaluer l'impact de l'utilisation des eaux usées épurées (EUE) en irrigation sur le calcaire total, la conductivité électrique (extrait dilue 1/5) et le pH du sol. Pour cela, douze échantillons du sol ont été prélevés dans les deux parcelles en mai 2014 à deux profondeurs 0,20 cm et 0,40 cm avant et après des épisodes d'arrosage. Un autre prélèvement de quatre échantillons dans les mêmes profondeurs a été réalisé en mai 2015. Les résultats montrent que le ph du sol devient de plus en plus alcalin avec une augmentation considérable (des valeurs doublées en 2015) des teneurs en calcaire total dans la parcelle irriguée par la source affectée par EUE. Dans l'opération de 2015, une légère diminution de la conductivité électrique (CE 1/5) à été enregistrée par rapport aux résultats de 2014. Cependant, le risque de salinité du sol est toujours présent avec un changement remarquable des valeurs de la CE 1/5 après chaque irrigation.

Peut-on estimer la réserve utile d'un sol à partir d'une caractérisation simplifiée ?

A. Remy, L. Berthier, G. Dutin, B. Lemercier, D. Michot, **C. Walter** (1)

Agrocampus Ouest, INRA, UMR 1069 SAS, 65 rue de St Brieuc 35042 Rennes

L'estimation de la réserve en eau des sols est fondamentale pour de nombreuses applications d'ingénierie des sols ou d'évaluation de leurs services, notamment pour raisonner l'alimentation en eau des cultures, analyser les risques de transfert de polluants ou encore évaluer les conditions de recharge des nappes phréatiques. La lourdeur et le coût des protocoles de mesure des propriétés hydriques des sols font que ces paramètres sont rarement l'objet d'une mesure directe. Le développement de fonctions dites de "pédo-transfert" permettant l'estimation des propriétés hydriques des sols à partir de propriétés pédologiques plus accessibles, telles que la texture ou la matière organique par exemple, est de ce fait souvent privilégiée. Il existe ainsi aujourd'hui de nombreuses fonctions de pédo-transfert, variables selon : i) l'échelle d'application (locale, régionale, mondiale…), ii) les paramètres d'entrée requis (texture, matière organique, densité apparente, pH…), iii) la variable prédite (estimation directe de la réserve utile ou estimation séparée des teneurs en eau massiques ou volumiques à des potentiels matriciels spécifiques). Néanmoins, la spécificité des fonctions de pédo-transfert à une région ou gamme de sols ayant servi à leur construction, compromet généralement leur utilisation dans un contexte pédologique différent, ce qui limite le potentiel de transposition des résultats entre études et régions différentes. Par ailleurs, les paramètres d'entrée des fonctions de pédotransfert supposent souvent eux-mêmes des mesures en laboratoire qui ne sont pas toujours disponibles dans un cadre opérationnel. L'objectif de cette étude est de comparer la performance de fonctions de pédotransfert, se distinguant par différents niveaux de qualité des paramètres d'entrée, pour estimer la réserve utile en eau des sols de Bretagne. Les données utilisées sont issues d'une campagne d'échantillonnage menée en 2014 à travers l'ensemble de la région Bretagne, pour intégrer la diversité régionale des sols : un total de 64 profils et 228 horizons ont été échantillonnés. Chaque horizon est décrit et replacé dans son contexte pédologique et des prélèvements sont effectués pour déterminer en laboratoire la densité apparente, la charge en éléments grossiers, la granulométrie en 5 fractions, la teneur en carbone organique. Les teneurs en eau à pF2 et pF4,2 sont déterminées en laboratoire pour chaque horizon sur 8 mottes non remaniées. Dans un premier temps, l'application aux données bretonnes de 8 fonctions de pédotransfert établies aux niveaux français et/ou européen et a priori adaptées au contexte étudié, révèle une qualité de prédict

Session 4 Diversité faunistique et indicateurs biologiques de qualité de sol

S4 Présentations orales

Quelles valorisations attendre des indicateurs microbiologiques des sols dans les systèmes de grandes cultures et polyculture élevages ?

Alain Bouthier (1), Robert Trochard(1), Matthieu Valé(2), Rachida Nouaïm(3), Rémi Chaussod(3), Jérôme Labreuche(1), Xavier Salducci(4).

(1) ARVALIS Institut du Végétal, (2) AUREA-Agrosciences, (3) SEMSE, (4): CELESTA-LAB

L'analyse de terre est un outil indispensable pour raisonner la fertilisation des cultures et entretenir, voir améliorer, certaines propriétés des sols. Les analyses de terre « classiques » permettent d'évaluer les composantes chimiques de la fertilité des sols, qui déterminent la biodisponibilité des éléments nutritifs et le statut acido-basique. Les composantes physiques et surtout biologiques sont par contre insuffisamment prises en compte par les analyses de terre « classiques ».
Divers indicateurs d'activités microbiologiques des sols, issus des travaux de recherche nationaux et internationaux, peuvent aujourd'hui être mesurés en routine par les laboratoires d'analyses agronomiques. Pour pouvoir être réellement opérationnels, ces indicateurs doivent remplir au moins trois conditions :

1. Etre mesurable de façon précise, reproductible et accessible à un coût abordable.
2. Etre pertinent par rapport à une composante identifiée de la qualité biologique des sols et y faire explicitement référence.
3. Le résultat doit être interprétable, ce qui sous-entend de disposer d'un référentiel d'interprétation pour, dans l'idéal, le relier à une ou plusieurs fonctions du sol contribuant à la production des cultures.

ARVALIS Institut du Végétal, en partenariat avec le laboratoire AUREA-Agrosciences et le laboratoire SEMSE a ainsi testé 6 groupes de paramètres chimiques et microbiologiques, bioindicateurs des fonctions de transformation du carbone et de recyclage des nutriments dans le sol : (1) la biomasse microbienne (méthode fumigation / extraction), (2) le fractionnement granulométrique en 3 fractions) de la matière organique, (3) les potentiels de minéralisation carbone et azote, (4) l'activité enzymatique FDA Hydrolase, (5) les métabolites microbiens par autoclavage et (6) les aptitudes métaboliques à l'aide de plaques biolog®. Ces bio descripteurs ont été évalués entre 2010 et 2014, sur deux grands types d'essais de longue durée conduits par ARVALIS et différents organismes : d'une part des essais analytiques relatifs à différentes thématiques (apport de produits résiduaires organiques, implantation de couverts végétaux en culture intermédiaire, travail du sol), d'autre part des dispositifs ou des parcelles d'agriculteurs où sont mis en œuvre différents systèmes de culture (agriculture biologique, dispositif des fermes de Boigneville (91) où sont comparés 5 systèmes de culture, réseau de parcelles en agriculture de conservation). Par ailleurs le laboratoire CELESTA-Lab qui analyse en routine plusieurs paramètres microbiologiques a réalisé une synthèse de ses analyses en 2015 pour quantifier l'effet du type de sol sur les valeurs de ces paramètres.
La présentation proposée, portera sur la synthèse de l'ensemble des mesures réalisées et s'attachera à en dégager des conclusions opérationnelles sur les points suivants :

- variabilité temporelle et spatiale associée aux mesures et précautions à prendre pour garantir une fiabilité de mesure acceptable,
- impact des caractéristiques pédologiques sur le niveau du biodescripteur et conséquences en matière d'interprétation,
- « sensibilité » des biodescripteurs aux différents facteurs étudiés dans les essais analytiques,
- pertinence des indicateurs pour évaluer les impacts de différents systèmes de culture sur les fonctions de transformation du carbone et de recyclage des nutriments dans le sol,
- recommandations méthodologiques pour la poursuite des travaux de référencement.

Effets de pratiques agricoles de conservation sur la diversité microbienne et la dynamique des matières organiques dans des contextes pédologiques contrastés

Florine Degrune, Jean-Thomas Cornélis, Joachim Tullii, Fanny Boeraeve, Marc Dufrêne

Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Systèmes Sol – Eau. Université de Liège

Farm4Future est un projet lancé en 2015 et qui consiste en un suivi intégré d'un réseau d'agro-écosystèmes ayant subis des modifications en termes de pratiques agricoles et allant vers des pratiques dite « de conservation ». Les exploitations étudiées dans le cadre de ce projet sont caractérisées par des changements de gestion incluant notamment des associations de culture, des couverts permanents, une réduction du travail du sol et l'introduction de structures vertes telles que les haies ou les bandes fleuries. Afin d'évaluer le potentiel agronomique et écologique de ces systèmes agricoles, une série de mesures sont effectuées sur ces exploitations, et ce, dans deux types de sol aux propriétés texturales contrastées : un sable limoneux et un limon sableux. Afin d'obtenir un point de comparaison, les mêmes mesures sont effectuées sur les parcelles des agriculteurs voisins, eux restés en intensif et conventionnel. Parmi ces mesures, nous avons étudié la réponse de la diversité des communautés microbiennes du sol aux différentes pratiques agricoles (conventionnel et conservation) dans les deux types de sol. Nous avons étudié en parallèle les propriétés pédologiques en termes de fertilité et de dynamique des matières organiques (MO). L'étude démontre que les stocks de MO sont identiques entre les pratiques conventionnelles et de conservation pour les 2 types de sols. Par contre, la biodisponibilité du C (mgextrait à l'eau chaude) et les taux de respiration du sol (mgCO2/gC de sol sec) sont significativement augmentés suite à la mise en place des pratiques de conservation. Par ailleurs, le fractionnement des matières organiques au sein des agrégats (méthode de Johan Six) a montré que les pratiques de conservation ont augmentées la stabilité des macro-agrégats et ce uniquement pour le site à tendance limoneuse (limon sableux), comparativement au site a tendance sableuse (sable limoneux). Ainsi, la formation de micro-agrégats au sein de ces macro-agrégats est favorisée et impacte significativement les processus de stabilisation des MO. Les résultats d'analyse microbiologique démontrent que le type de sol est le principal facteur responsable de la variabilité de la diversité alors que le type de pratique agricole est le second facteur responsable. Les résultats démontrent également un effet contrasté de la réponse aux pratiques agricoles en fonction du type de sol. La réponse est plus forte sur le limon sableux par rapport au sable limoneux. Nous avons également identifié les taxa microbiens sensibles au type de pratiques agricole. Les résultats rapportent que les pratiques de conservation ont tendance à favoriser des organismes oligotrophes (croissant rapidement dans des milieux pauvres en nutriments, tels que Acidobacteria et OD1), alors que les pratiques conventionnelles tendent à favoriser des organismes copiotrophes (croissant rapidement dans des conditions de sol riche en nutriment, tels que Proteobacteria et Bacteroidetes). Cependant, l'étude nous amène à démontrer une grande complexité de réponse au sein de chacun de ces groupes. En effet, même si certains grands groupes (phylum ou classe) répondent globalement positivement aux pratiques de conservation (ou conventionnel), il existe une grande variabilité de réponse au niveau de l'espèce. De plus, l'attribution de traits d'histoire naturelle et donc leur fonction pour les sols au niveau de l'espèce est encore très ardue étant donné le peu d'information que l'on a sur ces organismes difficilement cultivables en laboratoire.

La forêt de Soignes, site patrimoine pour la géomorphologie, l'évolution des sols développés sur lœss et référence pour des sites archéologiques en Europe de l'Ouest

Roger Langohr

Soil Science Society of Belgium

La forêt de Soignes, située à la lisière sud Bruxelles, se trouve au milieu de la région limoneuse de Moyenne Belgique. Ce site est unique pour une série de facteurs environnementaux et sert de référence pour retracer la genèse des sols sur lœss Brabantien et pour une série de paramètres sur les sites archéologiques. Sa limite Ouest se trouve au niveau de la ligne de partage entre les bassins de la Senne et de la Dyle. Par l'étendue de sa surface, plus de 40 km2, elle inclut toute une série de positions géomorphologiques, partant des plateaux et pentes douces à des vallons, pour la plupart secs, aux pentes asymétriques, aux directions diverses et avec une morphologie bien différenciée. Localement le substrat tertiaire affleure, avec des sols sableux et sablo-argileux. La forêt, composée majoritairement par des hêtres est totalement anthropogène avec des plantations qui ont débuté au cours du 18ième siècle. Au niveau des sols, au contraire, l'impact humain est très limité car, au contraire de la plupart des sites boisés sur lœss, la majeure part de cette zone n'a jamais connu du labour. Des recherches pédologiques, entamées depuis 1979 dans la forêt, et des collaborations sur de nombreux sites archéologiques, ont permis de retracer la pédogenèse depuis la fin du dépôt de lœss. Il s'avère par exemple que depuis quelque 15.000 ans, la seule période d'érosion a eu lieu au cours du Dryas Récent et seulement au niveau du fond des vallées. Ainsi la surface du sol actuel, y compris sa microtopographie, est celle qui a été foulée par les rennes et l'élan au cours du Tardiglaciaire. Au début de l'Holocène, les sols étaient très semblables au paysage pédologique actuel. Leur fertilité très réduite dans les premiers décimètres permet de comprendre les problèmes et le comportement particulier des premiers agriculteurs du Néolithique Ancien lors de la colonisation de la région des lœss en Europe de l'Ouest. Les recherches pédologiques ont aussi permis d'appréhender l'impact édaphique au niveau de l'écologie forestière, avec une des productivités de bois les plus élevées pour des hêtraies, alors que la végétation herbacée est caractéristique pour des sols extrêmement acides. Pour conclure, ce site représente un patrimoine unique pour la pédologie, la géomorphologie et l'archéologie. Il est urgent d'ajouter ces facettes au dossier de classement de la Forêt de Soignes comme site au sein de l'Unesco World Natural Heritage

Références

- Langohr R., 2009. La forêt de Soignes, site unique pour les sciences de la terre et l'archéologie. In «La forêt de Soignes, Connaissances nouvelles pour un patrimoine d'avenir» Mardaga, Wavre, 181-195.
- Langohr R., 2010. Quelques facteurs édaphiques dans l'écosystème Forêt de Soignes. Forêt Wallonne n° 105, p. 3-14.
- Claesens H., Langohr R., Drouet Th., La Spina S., Jonard M., Vincke C., Ponette Q., Vanwijnsberghe St., 2012. Quel avenir pour la "hêtraie cathédrale" de Soignes? Bases de réflexion pour une prise de décision. Forêt Wallonne 120, 3-21, 9 fig.

Lien entre la microbiologie et la chimie des sols dans les agroécosystèmes de prairie temporaire.

Marco Panettieri 1, Cornelia Rumpel 1,2, Ghazal Moradi 2, Marie-France Dignac 1,2, Daniel Billiou 2, Valerie Pouteau 1, and Abad Chabbi 1

1: INRA, AgroParisTech, UMR1402 ECOSYS, F-78850 Thiverval-Grignon, France 2: CNRS, IEES UMR (UPMC, CNRS, UPEC, IRD, INRA),78850 Thiverval-Grignon, France

L'introduction des prairies temporaires a été proposée comme une façon des rendements suffisant pour l'agriculture basé sur la culture permanente et en même temps d'atteindre certains objectifs importants concernent le développement durable, par exemple l'augmentation du stockage de carbone, de la biodiversité et la fertilité des sols. Néanmoins, pour comprendre au niveau moléculaire l'influence de cette pratique sur les services écosystémiques, il est nécessaire de décomposer le mosaïque complexe de la matrice du sol. Une approche de réduction d'échelle, qui isole les agrégats et des biomarqueurs, améliore la sensibilité des techniques de spectrométrie de haute résolution sur les composés spécifique de la matière organique. La caractérisation des biomarqueurs présents dans des différentes classes d'agrégats du sol est l'objectif principal de cette étude pour relier la chimie et la microbiologie des sols dans les agroécosystèmes. Une comparaison avec les valeurs du sol total devra permettre de générer des informations pour un changement d'échelle. Le sol a été échantillonné sur le site d'expérimentation à long terme à Lusignan (http://www.soere-acbb.com/), qui a été installé en 2005 afin d'analyser l'arrière effet de l'introduction des prairies temporaires dans le cycle des cultures permanentes. Un marquage in situ du 13C grâce à l'utilisation d'une monoculture de maïs la dynamique du carbone dans les sols et des biomarqueurs des plantes et microorganismes ont pu être suivis. Ainsi nous avons pu tracer l'incorporation des résidus végétales provenant du maïs dans les matières organiques du sol (MOS). De même, la dynamique et le turnover de PLFA et la biomasse microbienne ont été déterminés avec un chromatographe de gaz couplé avec un spectromètre isotopique. Les prairies temporaires ont été plus efficaces pour augmenter le stockage du carbone à court terme, car elles stockent des quantités plus élevées de C dans les macroagrégats que les cultures permanentes. De plus, l'introduction des prairies temporaires augmentent le temps de résidence de C dans les fractions plus fines du sol si on les compare avec les cultures permanentes, mettant en évidence les possibilités de stockage de C à long terme. Les stocks de lignine ont été élevés pour les prairies permanentes et temporaires que pour ceux des cultures permanents, grâce à un apport important des lignines provenant des racines des plantes prairiales, malgré un plus fort apport de biomasse aérien de maïs. Les teneurs en MOS et lignine des sols ont été significativement corrélées avec les entrées de plantes provenant des racines, ce qui représente la majeure partie des apports pour les prairies Les résultats des analyses PLFA et de la biomasse microbienne et de leur signature isotopique mettent également en évidence les différences entre les traitements. Nous concluons, que les prairies temporaires ont des arrières effets en ce qui concernent la nature et la stabilisation des MOS.

Développement d'outils locaux d'évaluation de la qualité des sols en Namibie septentrionale

B. Prudat, L. Bloemertz and N. J. Kuhn

Université de Bâle

Afin d'évaluer l'évolution de la qualité des sols suite à un changement de pratiques agricoles, notamment, il est important de développer des outils d'évaluation. Ces outils doivent être adaptées aux conditions locales afin d'être significatif pour les communautés locales. Dans cette étude, nous avons étudié le savoir indigène des sols dans le nord de la Namibie, région dans laquelle les membres de l'ethnie majoritaire, les Ovawambo, cultivent le mil pour une consommation de subsistance. La mise en œuvre d'une réforme du droit foncier visant à la privatisation des terres, devrait avoir des effets importants sur les pratiques agricoles et la qualité des sols. La classification locale des sols définit les groupes de sols essentiellement en rapport avec leur potentiel productif, qui varie notamment selon l'intensité et la répartition des pluies. Ces groupes de sols (Kwanyama Soil Units) représentent donc des caractéristiques fondamentales en ce qui concerne la production agricole. Les sols se retrouvant dans chaque groupe ne sont pourtant pas homogènes et les paysans utilisent également des critères morphologiques (la couleur et la consistance des sols) pour évaluer le statut de fertilité. Ces caractéristiques sont liées à la teneur en matière organique et en argiles des sols, deux constituants fondamentaux de la fertilité chimique des sols. Ces caractéristiques peuvent être modifiées sur du court (matières organiques) ou moyen terme (argiles). Nous proposons une boîte à outils d'évaluation des sols adaptée aux conditions locales en se basant essentiellement sur les connaissances locales des sols. La première phase d'évaluation de la qualité des sols est effectuée en se basant sur une cartographie participative des groupes de sols indigènes. Ensuite, la couleur et le taux de fraction minérale fine sont décrits à plusieurs emplacements pour chaque groupe de sols cartographié. Ainsi, les qualités intrinsèques du lieu (classification indigène) et les qualités modifiables (matières organiques et argiles) sont évaluées et peuvent être comparée (dans l'espace et dans le temps). La boîte à outil suggérée présente l'avantage 1) d'intégrer des qualité intrinsèques et modifiable des sols, 2) d'être très simple à utiliser pour tous, 3) d'avoir une signification pour les communautés locales.

S4 Présentations poster

L'intégration d'indicateurs biologiques dans un réseau de surveillance des sols - une étude de cas dans le sud de la Belgique (Wallonie)

Krüger, Inken(1); Chartin, Caroline(2); van Wesemael, Bas(2), Carnol, Monique(1)

(1)Laboratoire d'Ecologie Végétale et Microbienne, Université de Liège. (2) Earth & Life Institute, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve

Les organismes du sol et leurs activités sont essentiels pour le fonctionnement de l'écosystème du sol et ils peuvent donc servir comme indicateurs de la qualité du sol. Des efforts ont récemment été menés pour intégrer les indicateurs biologiques de la qualité du sol dans les réseaux de surveillance régionaux/nationaux. Le but de cette étude était de déterminer des gammes de valeurs pour six indicateurs biologiques et deux quotients éco-physiologiques pour les sols agricoles. La respiration potentielle, la biomasse microbienne (carbone et azote), la minéralisation nette de l'azote, la diversité métabolique des bactéries du sol, l'abondance des vers de terre, le quotient microbien et le quotient métabolique ont été mesurés dans 60 sites dans des régions agricoles contrastées (différents types de sol et climat) et différentes utilisations de sol (prairies et cultures) sélectionnés d'un réseau de surveillance du carbone organique du sol (CARBOSOL). Les liens entre indicateurs biologiques et paramètres chimiques (le pH du sol, carbone organique total, soluble, labile et stable) sont analysés. Quatre des six indicateurs biologiques sélectionnés (respiration potentielle, biomasse microbienne (carbone et azote) et diversité métabolique des bactéries du sol) sont significativement plus élevés sous prairies que sous cultures. Les gammes de valeurs sont plus larges sous prairies que sous cultures. Les indicateurs biologiques sélectionnés ne sont pas significativement influencés par la région agricole. Les meilleures corrélations avec les paramètres chimiques ont été trouvées pour la respiration potentielle et la biomasse microbienne (carbone et azote). L'étude définit des gammes de valeurs pour les sols agricoles à l'échelle régionale (Wallonie) séparées par utilisation de sol (prairies et cultures) et présente une base solide pour l'établissement d'un réseau de surveillance de la qualité biologique du sol.

Use of microbiological indicators to assess the impact of agricultural practices on soil fertility in dairy farming systems

Caroline Petitjean (1), Vincent Manneville (1), Bernard Amiaud (2), Séverine Piutti (3)

(1) Institut de l'Elevage, (2) UMR 1137 INRA - Université de Lorraine, (3) UMR 1121 INRA - Université de Lorraine

To maintain and/or to improve soil fertility is essential in order to guarantee agricultural productivity in the current context of ecological intensification and reduced fertilizers inputs. Soil fertility is defined as the ability of a soil to provide the conditions required for plant growth, it is the result of a set of biological processes conditioned by physical (soil structure, porosity…), chemical (pH, CEC...) and climatic factors that influence the dynamics of organic matter and thus to provide nutrients for plants. As is the case with many soil functions, fertility is difficult to measure directly and it is usually assessed by measuring soil indicators notably focused on the quantity and quality of soil organic matter (SOM). Considering that microbes act as decomposers of SOM through the liberation of enzymes, soil fertility can be assessed by characterizing the abundance and the diversity of soil microorganisms and/or by measuring microbial activity. Integrated crop-livestock farming systems have the potential to positively influence soil fertility. Such systems present the opportunity to adopt practices such as the integration of multi-year (legume) leys into the rotation of the forage systems and the use of manure as an organic soil amendment and fertilizer. The aim of this study is to assess the impact of different agricultural practices (e.g. ley-arable crop rotations, organic matter inputs, reduced tillage) on soil fertility by measuring microbiological indicators (microbial biomass C/N, potential enzyme activities involved in the biogeochemical cycles) in dairy farming systems from different pedo-climatic regions of France.

Session 5 Pratiques agronomiques. Fertilité et génie écologique

S5 Présentations orales

Approche expérimentale de la phytodésalinisation des Vertisols salés d'un périmètre irrigué de la vallée du Fleuve Niger

Ado Maman Nassirou (1,2), Michot Didier (2), Guero Yadji (1), Walter Christian (2)

(1) Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté d'Agronomie, Département Science du Sol, (2) Agrocampus Ouest, UMR 1069, Sol Agro et Hydrosystème Spatialisation, Rennes, France,

Les périmètres irrigués contribuent à environ 35 % de la production agricole mondiale alors qu'ils ne représentent que 18 % des terres cultivées. Cependant, l'irrigation entraine fréquemment une salinisation du sol sous l'effet de l'évaporation, particulièrement dans les zones arides et semi-arides, limitant ainsi la productivité des terres irrigables. Les approches classiques de désalinisation des sols, fondées sur l'apport d'eau pour le lavage et/ou la lixiviation des sels sont lourdes et limitées par la disponibilité en eau notamment dans les zones arides et semi arides comme le Niger. L'approche biologique par phytodésalinisation, basée sur l'utilisation des plantes tolérantes à la salinité et/ou les halophytes, vise à réduire le stock de sels dans le sol notamment en améliorant les propriétés hydro-structurales des sols et à favoriser la lixiviation de sels. Cette approche de phytodésalinisation a été rarement testée in situ dans la vallée du fleuve Niger, alors que l'approche classique par lavage et/ou lixiviation des sels s'avère inefficace dans le cas de sols argileux gonflants, à l'image des Vertisols salés : la saturation en eau génère une très faible conductivité hydraulique à saturation (<2,5 10-8 m/s) empêchant toute lixiviation des sels ; l'apparition de fentes quand le sol s'assèche crée des fissures qui court-circuitent les échanges entre les différents compartiments de porosité du sol et entrainent des transferts préférentiels (Adam et al., 2012). L'objectif de cette étude est de tester l'effet de cultures successives de la graminée semi-aquatique Echinochloa stagnina, pour améliorer la structure des Vertisols salés et favoriser la lixiviation des sels. Echinochloa stagnina, appelé localement « bourgou », est une graminée fourragère caractérisée par un fort pouvoir d'enracinement et est susceptible de croître en milieu saturé en eau et salé. Une étude préalable dans la vallée du Fleuve Niger, mais pour des sols limoneux, a montré que Echinochloa stagnina cultivé pendant un an, réduit jusqu'à 60% l'alcalinité du sol (Barbiero et al., 2001). L'étude est conduite dans le périmètre irrigué de Kollo (Niger) et compare 4 traitements : (i) un sol sans culture considéré comme témoin (PT), (ii) un sol cultivé en riz (Oriza sativa) (PR) selon un calendrier cultural de deux campagnes par an (iii) un sol cultivé en E. stagnina saisonnier (PEs) pour une récolte systématique suivant le même calendrier cultural que celui de riz et (iv) un sol cultivé en E. stagnina permanent (PEp) pour une récolte échelonnée répartie pendant la durée de l'expérimentation. L'expérimentation porte sur 15 mois en trois saisons culturales suivant un apport d'eau régulier et uniforme dans toutes les parcelles pour le suivi de la salinité du sol, des propriétés hydro-structurales du sol, du développement et de rendement des cultures. Après trois saisons culturales, le stock de sels a baissé significativement dans les traitements avec *E. stagnina* entre 55 et 75% dans l'horizon de surface (0-10cm) et entre 20 à 45 % en profondeur (40-60cm). La densité apparente du sol a baissé également avec le temps et est plus faible dans les traitements avec *E. stagnina* à comparer du traitement sans cultures. En outre, le développement et le rendement de cultures sont par ailleurs de niveaux suffisants pour qu'ils présentent un intérêt économique pour l'agriculteur.

La phytodésalinisation semble donc constituer une méthode de restauration des sols argileux salés qui soit efficace, économe dans l'utilisation de l'eau et à faible coût. Des travaux complémentaires doivent néanmoins porter sur le risque de retour de la salinisation après traitement.

Mots clés : Phytodésalinisation, *Echinochloa stagnina*, Vertisols, Vallée du Fleuve Niger

Photographie des pratiques de travail du sol en grande culture – utilisation de l'enquête du SSP (2011)

Cavan N.1, 2, 3, Labreuche J.2, Cousin I.3, Wissocq A.2, Angevin F.4, 1

1. GIS GC HP2E, INRA Transfert, 28 rue du Docteur Finlay, 75015 PARIS ; 2. ARVALIS – Institut du Végétal, Station expérimentale 91720 BOIGNEVILLE – France ; 3. INRA, UR 0272 SOLS, 2163 av. de la Pomme de Pin, CS 40001 Ardon, 45075 ORLEANS Cedex 2 ; 4. INRA, UAR 1240 ECO-INNOV, avenue Lucien Brétignières, 78850 THIVERVAL-GRIGNON

Les pratiques agricoles de travail du sol sont une composante importante de la gestion de ce dernier. L'enquête Agreste – pratiques culturales 2011 permet de caractériser ces pratiques en grande culture en fonction du contexte agro-pédoclimatique des parcelles (culture enquêtée, précédent, rotation-type, sol-type et bassin de production). Son utilisation a permis de réaliser i) une actualisation des données sur l'adoption de techniques culturales sans labour (TCSL), la conversion des surfaces ayant stagnée entre 2006 et 2011; ii) une photographie des pratiques de travail du sol de 2011 selon sept itinéraires-types de travail (identifiés par l'opération de travail la plus perturbante, allant du labour au semis direct); iii) une étude des stratégies de travail du sol (labour systématique, occasionnel ou non-labour systématique) sur la période 2006-2011. Les situations sont très disparates entre bassins de production : entre 4 et 82 % des surfaces de blé tendre d'hiver étaient en TCSL en 2011. Par ailleurs, labour et TCSL ont été alternés sur 46 % des surfaces de grande culture (2006-2011). Les principaux facteurs influant sur l'itinéraire-type (respectivement la stratégie) de travail du sol sont le précédent et l'espèce cultivée (respectivement la rotation-type). L'effet du sol-type apparaît surtout pour les sols de type argilo-calcaires (recours à un travail du sol superficiel en 2011, et à une stratégie d'alternance labour/TCSL, voire de TCSL systématique).

Mots-clés : Enquête, pratiques culturales, travail du sol, techniques culturales sans labour.

Implication du transport des colloïdes sur la formation d'une couche compacte dans les sols sous cultures de canneberges

Civil Nody, Périard Yann, Gumiere Silvio José, Lafond Jonathan

Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, Canada

L'implantation d'un champ de canneberge nécessite la mise en place d'un système de drainage et une modification de la structure naturelle du sol. La culture de canneberges, étant intensément drainée, peut accélérer le transport des colloïdes dans le profil de sol. La rétention de ces particules dans les pores du sol induit un phénomène de colmatage, ce qui contribue à modifier considérablement la capacité de drainage du sol (Wildenschild and Sheppard, 2013) et peut provoquer une réduction significative des rendements. Le transport de particules colloïdales a été largement étudié en laboratoire, mais très peu sur des sites en production. L'objectif de ce projet est d'évaluer l'évolution et la migration des particules fines dans le profil de sol au fil du temps sur des champs en culture de canneberges. Cette expérience a été mise en place sur 3 sites (A, B, C) de production au Québec. Un traceur physique inerte, l'oxyde de zirconium (ZrO2), a été appliqué sur des parcelles de 25 x 25 cm au début de l'été 2014. Des colonnes de sol de 60 cm de long et de 6 cm de diamètre interne ont été échantillonnées sur chacun des sites lors de 2 périodes différentes, soit août 2014 (T1) et juillet 2015 (T2), pour un total de 18 colonnes. Celles-ci ont été coupées et séchées en segments de 2 cm d'épaisseur, donnant ainsi 30 échantillons de sol par colonne. La concentration de ZrO2 a été mesurée par spectromètre de fluorescence rayon-X (EDXRF). La granulométrie a aussi été mesuré sur les mêmes segments afin d'identifier des zones d'accumulation de particules fines. Les résultats préliminaires obtenus par EDXRF ont montré une migration de ZrO2 sur toutes les colonnes à 10 cm de profondeur au T1, soit la profondeur racinaire de la canneberge. Cependant au T2, les colonnes du site C ont montré une migration entre 20 à 30 cm de profondeur. Ces résultats sont en accord avec des expérimentations antérieures réalisées sur des colonnes de sol en laboratoire qui ont montré une accumulation de particules fines à la limite de la hauteur de fluctuation de la nappe, ce qui diminuait significativement la porosité efficace et la conductivité hydraulique (Périard et al., 2016). L'oxyde de zirconium semble être un bon traceur physique pour le suivi de la migration de particules fines en milieu non saturé. Cette étude permettra de mettre en évidence la migration de particules colloïdales dans le profil de sol à différentes profondeurs et l'influence de ce transport sur la formation d'une couche compacte sous culture de canneberges. De connaître ces mécanismes de transport et la vitesse à laquelle ils se produisent est d'une importance primordiale pour les producteurs de canneberges, autant en termes de productivité que pour la gestion de l'eau et de leurs sols.

S5 Présentations poster

L'approche des traits fonctionnels des végétaux pour améliorer l'ingénierie écologique et la conservation des sols

Michel-Pierre Faucon

HydrISE (Hydrogeochemical Interactions Soil Environment) Unit, Institut Polytechnique LaSalle 60026 Beauvais, France

Plant functional trait approach to improve ecological engineering and soil conservation In the last decade, considerable progress in ecology has been achieved due to the elaboration of the concept of functional traits. Functional traits are defined as "morpho-physio-phenological traits which impact fitness indirectly via their effects on growth, reproduction and survival" (Violle et al. 2007). Relationships between traits associated with the response of organisms to environmental factors such as resources and disturbances (response traits), and traits that determine effects of organisms on ecosystem functions (effect traits), are recently studied in few processes and ecosystem services. Ecological engineering generally attempts to study effects of species or species mixture on ecological processes to restore and design ecosystems independently of a functional trait approach. Ecological engineering based on taxonomical description does not allow quantifying effect of plant species on ecosystem processes and services. Search in Web of Science (February 2016) highlighted only 16 papers for "ecological engineering* functional trait" key words compared to 7 341 papers for "ecological engineering*". Challenge is to use recent literature on below and aboveground functional traits of plant on ecosystem processes to improve ecological engineering and associated services. In this literature review, functional trait approaches in ecological engineering are presented i) to predict effect of traits on ecosystem processes and desired services, with a focus on the controversial effect of functional divergence, ii) to design ecosystem with multi-functionality and multi-services. Perspectives of functional trait approach included in three study models of ecological engineering will be presented, i.e. phytoremediation, soil erosion mitigation and management of soil fertility.

Disponibilité du phosphore et du potassium sous culture centenaire d'un vignoble, au sud du Brésil

Korchagin Jackson(1,3),Moterle Diovane f.(2), Caner Laurent (3), Bortoluzzi Edson c. (1)

(1) Faculté d´Agronomie et de Médicine Vétérinaire, Université de Passo Fundo Brésil, BR 285 km 171 Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brésil, jackson.korchagin@univ-poitiers.fr; edsonb@upf.br (2) Institut Fédéral d'Éducation – IFF, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brésil, diovanemoterle@gmail.com (3) Université de Poitiers, Poitiers, France, laurent.caner@univ-poitiers.fr

L'application des intrants dans les sols de vignoble est une pratique courante au sud du Brésil et vise à améliorer les conditions de production. Cependant, lorsque ces pratiques sont menées depuis plusieurs années, sans l'utilisation de critères techniques, cela augmente le risque de déséquilibre entre les éléments nutritifs dans le sol et les risques de pollution, en particulier, avec des fractions labiles de P. Le but de cette étude était de quantifier les teneurs disponibles de P et de K dans un sol peu développé (Umbric Leptosol) sous culture centenaire de vigne qui reçoit des applications successives d'intrants agricoles. L'étude a été menée dans vignoble de la municipalité de Pinto Bandeira, dans l'État de Rio Grande do Sul, au Brésil, qui a été installé en 1890. Des échantillons de sol ont été prélevés en triple sur deux sites dans le vignoble et dans une forêt primaire (témoin). Les sols ont été échantillonnés pour les profondeurs suivantes: 0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40, 40-50 cm. Les analyses chimiques du sol ont été les suivantes: le pH du sol dans l'eau; la teneur en matière organique (MO); les teneurs de phosphore et en potassium disponibles extraites en utilisant la solution acide Mehlich-1. Les corrélations de Pearson ont été utilisées pour déterminer la dépendance entre les variables. Les valeurs de pH du sol se situent entre 5,8 et 6,5 dans le sol sous vignoble et entre 4,4 et 5,6 dans le sol de la forêt primaire. La teneur en matière organique est en moyenne 25 % supérieure pour le sol sous vignoble (50,7 g kg-1) que pour le sol sous forêt primaire (37,8 g kg-1). Les teneurs en P disponible varient entre 207 et 22 mg kg-1 dans le sol sous vignoble et entre 24 et 8 mg kg-1 dans le sol sous forêt primaire. Les teneurs en K disponible varient entre 268 et 139 mg kg-1 et entre 688 et 196 mg kg-1 pour les sols sous vignoble et sous forêt primaire, respectivement. Le P et le K disponibles sont fortement dépendants du pH du sol et de la teneur en matière organique. Ainsi, la quantité d'intrants appliquée depuis plus de cent ans dans les vignobles du sud du Brésil a favorisé l'augmentation des teneurs en P labile et son transfert en profondeur dans le sol, ce qui augmente le risque de contamination des eaux superficielles et souterraines. L'application de fertilisation potassique dans le sol sous vignoble, a été suffisante pour maintenir les teneurs de cet élément dans une gamme considérée optimale pour le développement de la vigne. La diminution des teneurs par rapport à la forêt primaire indique une exportation de ce nutriment est supérieure à la fourniture par le sol, ce qui peut conduire, au fil des ans, l'épuisement des fractions facilement disponibles.

L'effet de l'apport de PRO dans un système de culture sur les différentes formes phosphores dans le sol

Rezgui Cyrine, Creme Alexandra, Houot Sabine , Rumpel Cornelia.

1 CNRS-INRA, IEES, Thiverval-Grignon, France,

Le phosphore est une source non renouvelable, d'ici la fin du siècle, les gisements mondiaux de phosphore, indispensable aux cultures, pourraient s'épuiser (Braly, 2010). Face à ce problème, beaucoup de chercheurs essayent de trouver une solution afin de minimiser les pertes en phosphores dus aux pratiques agricoles d'une part et d'augmenter la biodisponibilité de cet élément pour les cultures d'autre part. Une solution pourrait être la valorisation en agriculture des produits résiduaires organiques (PRO). Nous avons analysé les sols d'un site d'expérimentation, où cinq PRO ont été apportés biannuel depuis 15 ans. Les différents PRO utilisés sont : (1) un compost de boues de station d'épuration «DVB» issu du co-compostage de boues d'épuration urbaine avec des déchets verts, (2) un mélange de déchets verts et de la fraction fermentes cible (3) des ordures ménagères collectées sélectivement «BIO», (4) un compost d'ordures ménagères résiduelles "OMR" issu d'une collecte sélective des emballages d'un compostage de la fraction résiduelle des ordures ménagères. Des différents PRO ont été comparé à un amendement de référence représenté par un apport de fumier de bovins "FUM" et à un témoin «TEM» qui ne reçoit aucun amendement organique. L'objectif de notre étude a été d'analyser l'effet des PRO sur la teneur et les formes de P des sols. Nous avons effectué le fractionnement d'Hedley des PROs épandus ainsi que du sol six mois après l'épandage. Nos résultats montrent, que l'amendement des sols par des PROs augmente les stocks de C et de N mais ne change pas la composition chimique des MOS. La première partie de l'étude révèle également, que les formes de phosphore sont variables dans les différents PRO.

Session 6 Sols et gestion forestière; sols des zones humides

S6 Présentations orales

Les sols de zones humides : difficultés d'application des textes réglementaires sur critères pédologiques

D. Baize (1) et C. Ducommun (2)

(1) Science du Sol – Centre Val de Loire – INRA ; (2) Milieu physique, paysage et territoire – Agrocampus Ouest - Angers

En France, la législation relative aux "zones humides" (ZH) découle de la loi sur l'eau. Elle est composée d'un décret et de deux arrêtés, le deuxième (octobre 2009) venant modifier le contenu du premier (juin 2008). Ces textes ont été complétés par une circulaire. Définir formellement un territoire comme étant en "zone humide" permet d'en assurer une protection renforcée. La législation nationale reconnaît ainsi l'intérêt environnemental des zones humides (pour l'épuration des eaux, la régulation des débits des cours d'eau, la protection de la biodiversité). En revanche, il devient difficile de faire des réaménagements (constructions, remblaiement) ou de drainer ces terrains car une autorisation devient alors nécessaire. Il y a donc conflit entre la protection des terrains "humides" pour la sauvegarde de leurs fonctionnalités environnementales d'une part et l'élimination des "excès d'eau" pour une utilisation agricole d'autre part. Cette communication s'adresse à tous ceux qui ont à appliquer ces textes sur le terrain et qui doivent décider, sur des critères pédologiques, si des sols sont des "sols de zones humides" ou non, sur la base d'observations faites le plus souvent grâce à des sondages à la tarière. En outre, chaque ZH doit être précisément délimitée. La communication reviendra d'abord sur les travaux de la commission qui a rédigé le premier arrêté puis insistera sur les difficultés qu'il y a à appliquer concrètement les directives contenues dans les deux arrêtés et, finalement, à définir les "sols de zones humides". On verra à quel point l'application des textes sur le terrain se heurte à des difficultés concrètes et conceptuelles, ouvrant la porte à des conflits auprès des juridictions administratives. D'autant que les prospections de terrain sont trop souvent confiées à des personnes peu formées en pédologie. Mais, même des pédologues aguerris peuvent rester perplexes, notamment : i) pour la détection (ou non) de traits rédoxiques dans l'horizon de surface fréquemment remanié, ii) au regard de la diversité des morphologies hydromorphes et de leur interprétation, et parfois aussi iii) face à des seuils de profondeur d'apparition de traits rédoxiques dont il n'est souvent pas facile de connaître le caractère fonctionnel ou, au contraire, "fossile". Il existe en effet des sols hydromorphes qui ne connaissent plus d'engorgements et des sols fréquemment engorgés qui ne manifestent aucun trait rédoxique.

Mots clés : Sols, zones humides, engorgements, traits rédoxiques, horizons réductiques

Un essai de cartographie automatique des sols et stations forestières à l'aide de données topographiques LiDAR

Dubois E., Bock J., **Boissier J.M**. et Dambrine E.

ONF, ONF, Ecosylve, Université de Savoie

La cartographie des sols et des stations forestières fournit des outils d'aide à la planification et l'amélioration de la production forestière. Adapter au mieux la sylviculture et le choix des essences à la fertilité des parcelles est d'autant plus nécessaire aujourd'hui dans un contexte de changements climatiques. La formation et le fonctionnement des sols de montagne sont fortement conditionnés par la topographie qui détermine la répartition des sols, et les transferts d'eau et d'éléments minéraux le long des versants. De nouvelles méthodes d'investigation telles que le LIDAR, offrent la possibilité de connaître très précisément la topographie (MNT) et les formes de versant. Ces connaissances peuvent être utilisées dans la réalisation de cartographies automatiques à des échelles compatibles avec les problématiques de gestion forestière. Ce travail propose une méthode de cartographie "automatique" des sols et des stations forestières dans un massif forestier des préalpes calcaires, et compare les résultats à ceux issu d'une méthode de cartographie "classique" réalisée manuellement sous SIG. La zone d'étude, située dans le massif des Bauges (Savoie), est couverte par un catalogue des stations forestières qui a permis de définir des logiques de versant le long desquels se positionnent différents types de sols ayant des niveaux de fertilité tranchés. Cette logique de distribution a été mise à profit pour élaborer une carte des sols "à dire d'expert", numérisée sous SIG en croisant des données géologiques (couches vectorielles du BRGM) avec les données topographiques fournies par le scan 25 de l'IGN. Parallèlement, une cartographie automatique a été réalisée en utilisant un apprentissage non supervisé basé sur le partitionnement en k-moyennes ("k-means") d'indices micro-topographiques, l'objectif étant de segmenter des entités homogènes. Le principe de l'algorithme k-means se déroule est en 4 étapes : 1. Choix de k objets formant ainsi k clusters 2. Affectation de chaque objet O au cluster Ci de centre Mi tel que dist(O,Mi) est minimal 3. Calcul par réitération Mi de chaque cluster (le barycentre) 4. Nouvelle affectation Tous ces indices sont centrés, réduits, puis segmentés en six classes qui sont affiliés aux types de sols et de stations du catalogue du massif des Bauges. Cette méthode numérique a l'avantage de permettre une détermination des types de stations par une approche continue, et des méthodes statistiques (et donc non empiriques). La validation du travail a été réalisée en superposant la carte de référence (carte manuelle à dire d'expert), avec la carte obtenue par les traitements numériques, en faisant une comparaison pixel par pixel. Outre la connaissance précise du relief, le Lidar fournit des mesures précises de hauteurs et diamètres d'arbres, grandeurs dendrométriques directement (mais pas uniquement) liés à la fertilité des stations. Cette seconde possibilité, que nous avons explorée, nécessite encore des ajustements pour être utilisée en routine.

Impact du tassement des sols forestiers sur les communautés microbiennes impliquées dans les flux de méthane

Changey F., Aissaoui G, Pando A., Gigon A., **Lerch T**.
Oral

Institute of Ecology and Environmental Sciences (IEES-Paris)

L'intensification de la sylviculture entraine une dégradation de la qualité des sols, physique d'abord puis par voie de conséquence, biologique et chimique. Le tassement conduit généralement à une hypoxie voire à une anoxie, ainsi qu'à des phases d'engorgement plus ou moins longues, affectant potentiellement tout le fonctionnement du sol, en particulier celui des communautés microbiennes qui produisent ou consomment du CH4 (méthanogenèse et méthanotrophie). Le projet EMEFOR (ADEME) repose sur le site pilote instrumenté d'Azerailles (54), mis en place en 2007 par l'INRA. Sur ce site, la compaction liée à la circulation d'un porteur forestier a entrainé une diminution de l'absorption nette de CH4 mesurée en continue sur le terrain. L'objectif de nos recherches était de mettre en relation l'évolution de ces flux, les caractéristiques physiques et du sol et les communautés microbiennes associées. Durant toute la saison 2014-2015, des échantillons issus des parcelles tassées ou non (témoin) ont été prélevés jusqu'à une profondeur de 30 cm. Outre la caractérisation globale des communautés microbiennes (bactéries, archées et champignons), les communautés méthanogènes et méthanotrophes ont été étudiées en T-RFLP et qPCR en ciblant les gènes des sous-unités de la méthyle coenzyme réductase (mcrA) et de la méthane monooxygenase (pmoA), respectivement. Les premiers résultats montrent un impact plus important du tassement des sols sur l'abondance et la structure des communautés méthanotrophes par rapport aux communautés méthanogènes. La baisse de l'absorption nette de méthane observée sur les parcelles tassées serait davantage expliquée par une diminution de la consommation de méthane qu'une augmentation de la production.

De la difficulté de prendre en compte des critères sols pour l'application d'une loi sur l'eau

Bernard VINCENT (1), Aziza DRIDI (2)

(1)Ingénieur/chercheur, Irstea, Unité hydrosystèmes et bio procédés, Antony France, et AFEID, Montpellier
(2)juriste, Bureau d'études ATMO, Assistance technique à Maîtrise d'ouvrage, Villevieux, France

Dès 1992, la France a imposé la protection des zones humides (ZH) à travers une réglementation générale et des outils réglementaires spécifiques. La loi sur l'eau en France prévoit un certain nombre de dispositions qui visent à protéger les zones humides (ZH), notamment dans le cas où l'on y envisage des Installations, Ouvrages, Terrassements et Aménagements (IOTA). La nomenclature eau suit la technique classique du seuil qui consiste à graduer les contraintes juridiques en fonction des travaux à réaliser.
La loi, ses décrets et arrêtés d'application prévoient aussi que les ZH soient définies sur des critères botaniques et des critères sols, ces derniers étant à prendre en compte après disparition de tous les autres. Les IOTA sont soumis à des régimes déclaratifs ou de demande d'autorisation, qui se déclenchent pour des seuils de superficie extrêmement bas en cas de IOTA réalisé en ZH.
Le propos n'est pas d'expliciter les critères sols qui permettent d'identifier une ZH, ce qui est très bien fait par ailleurs par Baize et Ducommun (2014). Il s'agit de mettre en évidence les imprécisions de la loi et la difficulté de mettre en œuvre un classement basé sur des critères d'hydromorphie simples et qualifiables de basiques par le commun des pédologues.
Cette simplicité n'est pourtant qu'apparente : 7 ans après le dernier arrêté d'application, les incompréhensions, interprétations orthogonales subsistent pendant que les contentieux et litiges ont tendance à se multiplier. Pourquoi ? L'article se propose d'examiner :

- Ce que dispose la loi, avec les incertitudes dues à son imprécision, et les conséquences de ces imprécisions sur l'appréciation du domaine d'appréciation de la loi qui ont conduit aux incompréhensions précitées. Parmi les activités impactées se trouve le drainage agricole, puisque la procédure de demande d'autorisation se déclenche dès le premier hectare en zone humide, et le sujet est sensible puisque l'on draine 20 à 30 000 ha/an. Ici se trouve le premier écueil de l'application de la loi puisque la nuance entre sol engorgé, sol hydromorphe et zone humide n'est pas tranchée ; de même, le drainage est-il de « l'asséchement de ZH » comme le suggère une des interprétations possibles du code de l'environnement art R214-1, rubrique 3310 ? ici non plus la question n'est pas tranchée. Il en résulte que la lecture de la loi par les donneurs d'ordre est différente de celle de l'administration ou de la police de l'eau qui soit refuse les autorisations, soit verbalise alors que dans la très grande majorité des cas il s'agit de sols avec une nappe perchée temporaire qui ne sont pas surmontés d'une zone humides (ou ne le sont plus).
- Comment les donneurs d'ordre se sont-ils adaptés pour établi le dialogue social, à partir de quelques exemples connus en France.
- Ce qu'en pensent les pédologues, et comment cette pensée éclaire le débat, en nous appuyant une conversation récente sur la liste AFES sols, qui a remis exergue des controverses anciennes dans la communauté, mais à ce jour visiblement non closes, par exemple : combien de temps pour qu'un trait de réduction (ou d'oxydation) apparaissent (ou disparaisse) ; hydromorphie fossile/actuelle (Gaillot 2016) ;

l'observation d'une nappe permet-elle de conclure sur l'occurrence de l'hydromorphie ?

Et de conclure sur

- la nécessité de s'accorder l'acception des mots clefs : hydromorphie, engorgement, saturation, nappe, humidité, traces d'hydromorphie, sol engorgé, sol hydromorphe, zone humide
- les besoins en formation, recourir à des pédologues.
- Les modalités possibles du dialogue social, même si cela doit induire des disparités sur le territoire, ce qui reflèterait que le territoire est justement hétérogène.
- La nécessité d'éviter les jurisprudences contre productives.

S6 présentations poster

La durée d'engorgement peut-elle être déduite de la description morphologique et de la position topographique dans des sols sur schistes en Guyane ?

Éric Lucot (1), Marc Steinmann (1), Vincent Freycon (2), Laure Soucémarianadin (3), Bruno Ferry (4), Dominique Paget ()5

1. UMR 6249 Chrono-environnement, université de Franche-Comté, Besançon, France 2. CIRAD, UPR BSEF, Montpellier, France 3. Laboratoire de Géologie (UMR 8538) Ecole Normale Supérieure, Paris 4. UMR 1092, Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt-Bois, AgroParisTech Nancy, France 5. 3 rue G. Royer, 10500 Brienne-le-Château, France

Dans le contexte de la Guyane française, la formation et le fonctionnement des sols qui constituent la couverture ferrallitique (ferralsols) sont fortement influencés par le substrat géologique, la topographie et les régimes hydriques. Il en résulte une diversité importante des sols. Ces variations influencent la répartition de la végétation et elles peuvent moduler les effets du changement climatique. La genèse des différents types d'horizons est dépendante des régimes hydriques qui déterminent les processus de ferruginisation et déferruginisation (Freycon et al. 2003). Ces régimes hydriques (drainage vertical, drainage latéral, nappe permanente) ont été utilisés pour définir une typologie, dite "classification IRD" (Boulet et al. 1982). Nos objectifs sont de définir le régime d'ennoyage de sols répartis le long d'une toposéquence d'une colline, pour comparer avec le rattachement typologique et la pédogénèse. Ceci permet aussi d'établir des liens avec les traces d'hydromorphie. Le site d'étude est situé dans le nord de la Guyane, il fait partie du dispositif de recherche expérimentale sur les écosystèmes forestiers tropicaux de Paracou, géré par le CIRAD. Le substrat géologique est constitué de schistes Bonidoro et le relief est formé de collines à pentes fortes recouvertes de forêt primaire. L'étude a été menée sur 4 sols répartis entre le mi-versant et le bas-fond où coule un ruisseau. D'après la classification IRD, ces sols se rattachent respectivement aux types drainage latéral superficiel et aux systèmes hydromorphes amont, de bas de versant et de bas-fond. La profondeur d'apparition de la nappe a été enregistrée toutes les 12 h. Des sondes ont été installées à 0,5 et à 1 ou 2 m de profondeur. Sur 2 années, nos données piézométriques montrent que dans le versant, les nappes sont présentes le plus souvent de manière ponctuelle (quelques jours), contrairement aux données bibliographiques où les nappes sont données comme durables (plusieurs mois). Dans les sols de bas-fond, la nappe est présente 10 à 11 mois par an. Dans les versants, dans certaines conditions de précipitations, seule une nappe superficielle perchée s'installe à moins de 50 cm de profondeur. Plus rarement, seule la nappe profonde est présente. Dans les périodes les plus pluvieuses, la totalité du profil est engorgé. Nos données tendent à confirmer la présence d'un drainage latéral superficiel dans le versant et d'une nappe quasi permanente dans le bas-fond. En revanche, dans le cas des systèmes hydromorphes de versant, la piézométrie ne confirme pas la présence d'un engorgement long. Pour ces sols, les traces d'hydromorphie pourraient ne plus être fonctionnelles. Leur régime d'engorgement serait plus dépendant des évolutions des régimes de précipitations que supposé.

L'impact du tassement des sols forestiers sur le dégagement de CO2 est-il lié aux modifications des propriétés hydro-structurales ?

Suillerot M., Grimaldi M., Gigon A., Bottinelli N., Lerch T.

Institut d'Ecologie et des Sciences Environnementales de Paris (IEES-Paris)

L'augmentation de l'utilisation du bois énergie aux dépend des énergies fossiles entraine une intensification de la sylviculture. La circulation accrue d'engins lourds sur les parcelles entraine souvent un tassement du sol. Ce tassement affecte en priorité la macroporosité et par conséquent, le transfert de l'eau et des gaz. La dégradation de la macroporosité peut conduire à une hypoxie voire à une anoxie, ainsi qu'à des phases d'engorgement plus ou moins longues, affectant potentiellement tout le fonctionnement du sol, en particulier celui des communautés microbiennes qui décomposent la matière organique et produisent du CO2. Le projet EMEFOR (ADEME) a pour but d'étudier l'impact du tassement des sols forestiers sur les émissions de GES. Il repose sur le site pilote instrumenté d'Azerailles (Lorraine) où une compaction liée à la circulation d'un porteur forestier (25T) a été appliquée en 2007. Les mesures effectuées sur le terrain depuis 2013 ont montré une diminution de plus de 37% du CO2 sur les parcelles tassées. Afin de mieux comprendre les relations entre les propriétés physiques du sol et le fonctionnement microbien une étude a été menée en conditions contrôlées au laboratoire. En 2015, des cylindres de sol issus des parcelles tassées ou non (témoin) ont été prélevés à deux profondeurs (0-5 cm et 20-25 cm). La structure des échantillons a été soit conservée, soit modifiée (tamisage à 2mm puis remis dans les mêmes cylindres avec la même densité apparente). L'humidité de chaque échantillon a ensuite été ajustée à différents niveaux (pF1, pF2 et pF3) afin de sélectionner l'activité des microorganismes dans différentes tailles de pores (environ 100, 10 et 1 µm, respectivement). Une incubation de 3 mois (25°C, à l'obscurité) a été ensuite été menée pour mesurer le dégagement de CO2 des échantillons. A la fin de l'incubation, les propriétés hydro-structurales des échantillons ont été analysées par rétractométrie. Les résultats de cette étude ne montrent finalement pas d'effet du tassement sur le dégagement de CO2. Par contre, la minéralisation de la matière organique est fortement influencée par le niveau d'humidité, la structure et la profondeur des échantillons. Elle est, comme il était attendu, plus forte à pF1, sur du sol tamisé et en surface. Résultat plus original, le dégagement de CO2 est corrélé à certains paramètres de la courbe de rétractométrie. Cette étude ne permet donc pas d'expliquer la diminution du dégagement de CO2 mesurée in situ dans les parcelles tassées mais elle montre pour la première fois un lien entre les paramètres hydro-structuraux du sol et l'activité des microorganismes.

Session 7 Sols et matières organiques

S7 Présentations orales

Short Term Impact Of Soil Movement On 3d Soil Organic Carbon Patterns In An Agro-Ecosystem Context

Aldana-Jague E. (1), Heckrath G. (2), Saby N.P.A. (3), Van Oost K. (1,4)

(1) Earth and Life Institute, Université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve, Belgium. (2) Department of Agroecology, Danish Institute of Agricultural Sciences, Research Centre Foulum, 8830 Tjele, Denmark. (3) INFOSOL, INRA Orléans 45000, France. (4) Fonds de la recherche Scientifique, FNRS, Brussels, Belgium.

In order to manage soil organic carbon, we have to understand the spatial and temporal dynamics of this large store, both horizontally (i.e. the spatial pattern) and vertically (i.e. the SOC depth profile). This study aims to quantify the effect of soil redistribution on the 3D SOC distribution at the field scale. To this end, an agricultural field with complex topography was resampled at a high spatial resolution after 17 years. In 1997, 114 samples were taken up to 45cm depth. The SOC content was measured for three layers (0-25; 25-35; 35-45 cm), and soil redistribution rates were inferred from 137Cs inventories (Heckrath et al, 2005). A precise height model was built from a theodolite survey. The resampling campaign was done during 2014-2015. The 114 points were re-sampled up to 1m depth using a hydraulic auger. The SOC content was measured 3cm depth intervals along the cores by spectrometry and a high resolution surface SOC content map derived from multi-spectral pictures taken at low-altitude from an UAS was computed. In addition, a second height model was built from a LiDAR. A full 3D SOC content map was produced by coupling the surface SOC content map from the multispectral images and depth distribution of the SOC content. The results show that the depth distribution is strongly linked with the topographical context whereas the surface SOC content is more controlled by the soil movement. We estimated the difference in term of SOC content for the 114 points for the three soil depth layers. The difference between the topography taken over time was done to quantify the soil movement. From these data, we quantify the effect of the soil movement on the evolution of the spatial pattern of the SOC content during 17 years in a conventional tillage context showing a decrease of the SOC content surface in erosion context. Whereas in the deeper layer a low increase of the SOC content can be observed.

Stockage de carbone dans les sols sous agroforesterie : une étude multisite en France

Cardinael R (1,2,3), Chevallier T (1), Cambou A (1), Béral C (4), Barthès BG (1), Dupraz C (5), Durand C (1), Kouakoua E (1), Chenu C (2)

(1) IRD, UMR Eco&Sols, 34060 Montpellier, France (2) AgroParisTech, UMR Ecosys, 78850 Thiverval-Grignon, France (3) CIRAD, UR Aïda, 34398 Montpellier, France (present address) (4) Agroof, 30140 Anduze, France (5) INRA, UMR System, Montpellier, France

Introduction : Les systèmes agroforestiers sont des agro-écosystèmes où sont associés des arbres et des cultures ou des prairies au sein d'une même parcelle. Ces systèmes fournissent un ensemble de services écosystémiques, et pourraient contribuer à l'atténuation du changement climatique. Du carbone est stocké dans la biomasse aérienne et souterraine des arbres, et les apports en matières organiques provenant des arbres pourraient avoir un impact positif sur les stocks de carbone organique du sol. Cependant, en milieu tempéré très peu d'études se sont intéressées à l'impact des systèmes agroforestiers sur le stockage de carbone organique dans les sols, la majorité ayant été menées en zones tropicales. De plus, beaucoup de questions demeurent quant à l'impact sur les stocks de carbone profonds. Méthode : Cette étude a été réalisée sur cinq sites agro-sylvicoles (arbres et cultures) et sur un site sylvopastoral (arbres et prairie pâturée) en France. Chaque site comprenait une parcelle agroforestière et une parcelle agricole adjacente comme parcelle témoin. Les itinéraires techniques dans les inter-rangs agroforestiers cultivés et dans les parcelles agricoles sont strictement identiques depuis la plantation des arbres, âgés de 6 à 41 ans selon les sites. Les prélèvements au cylindre ont été réalisés entre 20 et 100 cm de profondeur selon un protocole d'échantillonnage prenant en compte la distance aux arbres, et les stocks de carbone organique du sol mesurés à masse de sol équivalente. La biomasse aérienne des arbres a également été mesurée sur les différents sites. Résultats et discussion : Dans les parcelles agro-sylvicoles, un taux d'accumulation moyen de 0,24 (0,09-0,46) t C ha-1 an-1 a été mesuré sur l'horizon 0-30 cm par apport aux parcelles agricoles. Un stockage de carbone additionnel a également été mesuré en profondeur sur les sites les plus anciens. Dans les jeunes plantations, le stockage de carbone était principalement localisé sur les lignes d'arbres, et pourrait être la conséquence du couvert herbacé permanent plutôt que des arbres. Dans le système sylvopastoral, un stockage de carbone additionnel a seulement été mesuré en dessous de 40 cm de profondeur, probablement car les stocks de carbone organique dans les horizons de surface sous prairie étaient déjà très importants. Le stock de carbone dans la biomasse aérienne des arbres était de 16 (0,02-36,69) t C ha-1 en moyenne.

Conclusion : Cette étude démontre le potentiel des systèmes agroforestiers pour améliorer les stocks de carbone organique du sol sous climat tempéré. Elle met également en évidence un manque de données sur les systèmes agroforestiers âgés, et montre la nécessité de mettre en place des essais diachroniques de long-terme.

Quantification du carbone organique du sol stable à l'échelle séculaire par pyrolyse Rock-Eval 6

Lauric Cécillon (1), François Baudin (2), Claire Chenu (3), Bent T. Christensen (4), Sabine Houot (5), Thomas Kätterer (6), Suzanne Lutfalla (7), Andy Macdonald (8), Folkert van Oort (4), Alain F. Plante (9), Florence Savignac (2), Laure Soucémarianadin (7) & Pierre Barré (7)

(1) Université Grenoble Alpes, Irstea UR EMGR, Grenoble, (2) ISTEP-UPMC Paris, (4) UMR ECOSYS AgroParisTech-INRA Thiverval-Grignon, (5) Aarhus University, Denmark, (6) Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, (7) Laboratoire de Géologie de l'ENS, UMR 8538 CNRS-ENS, Paris (8) Rothamsted Research, Harpenden, UK, (9) University of Pennsylvania, Philadelphia, USA

Le carbone organique du sol (COS) est une composante clé du changement climatique. Cependant, une partie du réservoir de COS ne contribuera pas de manière significative aux émissions continentales de CO2 au cours du prochain siècle car son temps de résidence est supérieur à 100 ans. La proportion du C organique persistant plusieurs siècles dans les sols est importante mais aussi très incertaine car il n'existe aucune méthode permettant de la déterminer en routine. Ce verrou méthodologique entrave l'initialisation correcte des modèles de dynamique du COS. Dans cette étude, nous montrons qu'un modèle de régression multivariée utilisant des données mesurées par pyrolyse Rock-Eval 6 (RE6) peut prédire avec précision la proportion de COS stable à l'échelle séculaire pour un large éventail de types de sol et d'usage des terres. Cent six échantillons de sol provenant de quatre sites européens d'expérimentations agronomiques (Grignon, FR, Rothamsted, UK, Ultuna, SW, Versailles, FR) ont été utilisés pour étalonner et valider ce modèle. Dans une précédente étude, la concentration en COS stable à l'échelle séculaire a été modélisée pour chaque site grâce aux essais de jachères nues de longue durée (Barré et al., 2010, Biogeosciences). Sur la base de ces estimations, nous avons calculé la proportion de COS stable (% du COS total) des 106 échantillons de sol. Ces échantillons montrent des proportions diverses de COS stable (6-100% du COS total). Les mesures RE6 ont permis de calculer la température à laquelle une quantité spécifique (5-95%) de CH-CO-CO2 gazeux avait évolué lors des étapes de pyrolyse et d'oxydation. Ces prédicteurs RE6 ont été utilisés dans un modèle de régression multivariée de type «forêts aléatoires» pour prédire la proportion de COS stable. Notre modèle a montré d'excellentes capacités prédictives : R^2=0.96, RMSEP=5% du COS total. Nous avons ensuite appliqué ce modèle sur 50 sols cultivés et forestiers développés sur 5 lithologies contrastées (Grignon, FR). Malgré sa grande hétérogénéité, ce nouveau jeu d'échantillons rentre dans la gamme de validité du modèle. La proportion prédite de COS stable est plus élevée dans les sols cultivés que dans les sols forestiers ($p<0.001$), tandis que sa concentration n'est pas affectée par le mode d'usage des terres. A l'inverse, la concentration en COS stable varie selon la lithologie ($p=0.001$), indiquant un contrôle géochimique du réservoir de COS stable. Notre étude positionne la technique de pyrolyse RE6 comme un outil efficace pour quantifier le COS stable à l'échelle séculaire, avec la capacité de détecter ses hétérogénéités à l'échelle du paysage.

Estimation des stocks de Carbone Organique du Sol et des incertitudes pour le Rapport National d'Inventaire (GIEC) – cas de la Wallonie

Caroline Chartin(1), Antoine Stevens (1), Inken Kruger (2), Esther Goidts (3), Monique Carnol (3) & Bas van Wesemael (1)

1 Earth & Life Institute, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium; . 2 Laboratoire d'Ecologie Végétale et Microbienne, Université de Liège. Liège, Belgium; 3 Soil Protection Direction, Direction générale Agriculture, Natural Resources and Environment,

Comme beaucoup de pays, la Belgique se conforme à l'Annexe I de la Convention- Cadre des Nations Unis sur les Changement Climatiques (CCNUCC), et doit ainsi rapporter ses émissions annuelles de carbone dans les rapports nationaux d'inventaire en distinguant les terres cultivées des prairies (EU decision 529/2013). Ces rapports se basent sur les inventaires en Carbone Organique du Sol (COS) pour chacune de ces deux utilisations de sols, mais également ici, pour chacune des régions agricoles belges définies selon des caractéristiques homogènes en matière de pratiques agricoles (rotations et/ou bétails) et de rendements potentiels. La Wallonie (sud de la Belgique), qui recoupe 10 régions agricoles différentes, possède un réseau de surveillance des sols agricoles ('CARBOSOL') développé au cours de la dernière décennie. L'évaluation de la qualité des sols au sein de ce réseau s' effectue par la quantification des stocks de COS et de leur évolution en un nombre raisonnable de sites, déterminé selon le temps et les fonds impartis à cette tâche. Malheureusement, les 592 sites du réseau de surveillance CARBOSOL ne permettent pas d'effectuer une estimation représentative et mathématiquement significative des stocks de COS et de leurs incertitudes pour chacune des 20 combinaisons possibles d'utilisations de sols / régions agricoles. De plus, les sites du réseau de surveillance CARBOSOL ont été sélectionnés parmi les points d'une base de données existante dont la stratégie d'échantillonnage se base sur un schéma non-statistique ('convenience scheme') plutôt que sur un schéma déterminé par une stratégie de type 'design-based' ou 'model based'. Le but de cette étude est de quantifier les inventaires de COS (Combien?) et de spatialiser l'information 'stocks de COS' (Où ?) à partir de données d'un réseau de surveillance des sols se basant sur un schéma d'échantillonnage non-statistique. Pour ce faire, nous avons développé une procédure de calcul basée sur des techniques de cartographie numérique des sols (i.e., Digital Soil Mapping) et des simulations stochastiques (Monte-Carlo) permettant ainsi l'estimation de multiples (ici, 10 000) jeux indépendants de données spatialisées. Cette procédure permet de prendre en compte les incertitudes associées aux estimations i) du stock de COS à l'échelle du pixel et ii) des paramètres des modèles spatiaux. Sur base des 10 000 individus produits, la moyenne des stocks de COS et intervalle de confiance peuvent être calculées à l'échelle de chaque pixel, mais également les inventaires de COS et intervalles de confiance associés pour chaque sous-surfaces sélectionnées (i.e., les 20 combinaisons d'utilisation de sols / régions agricoles) et pour l'entièreté de la zone d'étude.

Effet de la gestion des prairies sur le stockage de la matière organique du sol et les émissions de gaz à effet de serre.

CREME Alexandra (1,2,3), RUMPEL Cornelia(2,3), MASSAD Raia (2), LAN Tuo(3), ROMIAN Adeline (3), CHABBI Abad1,(2).

1 : INRA, UR P3F, 86600 Lusignan, France. 2 : INRA, ECOSYS UMR (INRA-AgroParisTech), 78850 Thiverval-Grignon, France. 3 : INRA, CNRS, IEES UMR (UPMC, CNRS, UPEC, IRD, INRA), 78850 Thiverval-Grignon, France.

Pour la politique agricole commune européenne, l'introduction de prairies temporaires dans les cycles de culture est encouragée en raison de ses effets bénéfiques sur le stockage du carbone et éventuellement la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Jusqu'à présent, on en sait peu sur l'impact à long terme des différentes pratiques de gestion des prairies sur la compartimentation, la composition et la réactivité de la matière organique du sol. L'objectif de cette étude est d'utiliser d'une expérience de terrain de 9 ans pour quantifier les arrières effets après les phases de culture sur la matière organique du sol des prairies temporaires gérées différemment en ce qui concerne la fertilisation et la durée. Nous avons échantillonné les sols après trois années de culture, qui ont été précédé par des prairies soumises à une gestion différente telles que la durée de la prairie (3 et 6 ans) et la présence ou l'absence de fertilisation azotée. Nous avons caractérisé la nature biochimique de matière organique du sol (C, N, Nmin et les sucres), la biomasse microbienne du sol, la minéralisation potentielle du carbone du sol et de l'azote et les émissions au champ de CO2 et de N2O. Nos résultats montrent des arrières effets de la gestion des prairies sur les paramètres de la matière organique du sol. La fertilisation azotée pendant la phase de prairie est nécessaire pour maintenir les teneurs en C et N du sol au moins au niveau de la culture continu. L'absence de fertilisation azotée a également affectée la composition biochimique de matière organiques du sol, mais sans effet sur les émissions de gaz à effet de serre des sols. La durée de la prairie a impacté les paramètres biogéochimiques des sols ainsi que leur teneur en nitrate, la minéralisation potentielle d'azote et les émissions de N2O. Ces résultats suggèrent que la gestion des prairies influence en particulier le cycle de l'azote. Nous concluons, qu'il y a un compromis à trouver entre l'utilisation d'engrais, le stockage du carbone et les émissions de gaz à effet de serre, choses à prendre en compte lors de l'introduction des prairies dans les cycles de culture. Nous remercions le SOERE ACBB, le projet AEGES (ADEME), EXPEER (UE), l'INRA et la région Poitou Charentes pour leurs financements.

Les amendements organiques n'Inversent pas la décroissance du stock de carbone des sols tropicaux après leur mise en Culture : expérimentations en Côte d'Ivoire et au Bénin

Hervé GUIBERT (1) ; Pinardel KENNE KUETEYIM (2)

La séquestration du carbone dans les sols est une action qui serait susceptible à la fois d'améliorer les rendements agricoles et de compenser les émissions de gaz à effets de serre d'origine anthropique. Deux expérimentations en zone subhumide tropicale ayant duré 21 ans à Gagnoa en Côte d'Ivoire et 23 ans à Aplahouhé au Bénin ont montré que des apports importants et réguliers de compost (Gagnoa) et de paille enfouie (Aplahoué) accroissaient fortement les rendements du maïs par rapport aux parcelles sans amendement organique. Cette différence de rendement était plus importante quand aucune fertilisation minérale n'était apportée. Parallèlement, à Gagnoa comme à Aplahouhé, les stocks de carbone des sols des parcelles avec et sans amendements organiques ont diminué fortement dans l'horizon de surface (0-20 cm) durant l'expérimentation : de 60 et 75 % à Gagnoa et à Aplahoué respectivement. Les parcelles ayant reçu des amendements organiques annuels de 10 t/ha de matière sèche de composts (Gagnoa) et de résidus de culture (Aplahoué) pendant plus de 20 ans ne présentaient qu'un surplus de stock de carbone dans leur sol de l'ordre de 6 t/ha par rapport aux parcelles sans apports sur les deux sites. La forte baisse des stocks de carbone par la mise en culture constatée dans ces expérimentations conforte l'hypothèse de dé-protection physique du carbone des sols par destruction des macro-agrégats du sol consécutive à la mise en culture. Les augmentations de rendement constatées grâce aux apports organiques seraient dues à un effet minéral et à l'augmentation de la fertilité biologique des sols suite à la forte minéralisation de la matière organique. Ces résultats confortent l'intérêt des amendements organiques pour maintenir des rendements élevés en milieu tropical, mais indiquent leur faible capacité à séquestrer une quantité suffisamment importante de carbone pour avoir un fort impact de mitigation des gaz à effet de serre.

L'impact d'anciens sites de production de charbon de bois sur les propriétés chimiques du sol : dynamique temporelle en conditions pédologiques contrastées.

Brieuc Hardy (1), Jean-Thomas Cornélis (2), Joseph E. Dufey (1)

(1)Earth and Life Institute – Environmental Sciences, Université Catholique de Louvain, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium; (2) Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Systèmes Sol – Eau. Université de Liège

La matière organique joue un rôle clé dans le maintien de la fertilité du sol, qui représente un réservoir de carbone à préserver dans la lutte contre les changements climatiques. Depuis les années '90, les terra pretas amazoniennes, terres noires d'un haut niveau de fertilité résultant d'activités humaines précolombiennes, ont conduit à étudier l'effet de la biomasse carbonisée sur la fertilité des sols et le stockage de carbone. On emploie le néologisme « biochar » pour évoquer tout type de matière organique carbonisée dans le but d'être introduite au sol en tant qu'amendement, dans un rôle agro-environnemental. Bien que l'effet à court terme du biochar sur les propriétés du sol soit de mieux en mieux compris, l'effet à long terme est très peu documenté en raison de l'absence d'essais de longue durée. En Wallonie, région sud de la Belgique, la présence de nombreux sites préindustriels de production de charbon de bois (les « aires de faulde »), offre l'opportunité de prédire l'effet à long terme du biochar sur les propriétés du sol, sous des conditions pédologiques diverses. Nous avons échantillonné une quarantaine d'aire de faulde par horizon pédologique, sur différents types de sols avec des occupations contrastées. Les sols directement adjacents, non affectés par la carbonisation, ont été échantillonnés de manière comparable. Nous avons également échantillonné une aire de faulde reconstituée à Dole, dans le Jura français, afin de comparer les propriétés des aires de faulde préindustrielles à celles d'une référence récente. Le sol de surface, largement enrichi en charbon de bois, possède des teneurs en carbone supérieures à celles du sol de référence. La présence de charbon de bois se marque sur les rapports C:N et C:P, qui sont systématiquement augmentés. La capacité d'échange cationique (CEC) du charbon de bois, initialement très faible, augmente au cours du vieillissement pour atteindre des valeurs estimées à 486 cmolc kg-1-C, ce qui est nettement supérieur aux valeurs de CEC de la matière organique humique. Malgré l'apport initial de cendres produites par combustion partielle du bois, qui exercent une action chaulante sur le sol, les horizons de surface des sols forestiers sont fortement réacidifiés après deux siècles de lixiviation et le transfert des « bases » échangeables dans le sol sous-jacent. Malgré l'abondance de K dans les cendres de bois, le K+ échangeable a une faible affinité pour le complexe d'échange du charbon de bois, ce qui explique son appauvrissement relatif au cours de la réacidification. En revanche, le pouvoir complexant élevé du charbon de bois pour le Cu2+ provoque une baisse de sa disponibilité.

Impact of tillage on greenhouse gas emissions by a maize crop and dynamics of N2O fluxes.

Margaux Lognoul (1), Nicolas Theodorakopoulos (2) , Marie-Pierre Hiel (2), Bernard Bodson (2), Bernard Heinesch (1) and Marc Aubinet (1)

(1)TERRA Atmosphere Ecosystems Exchanges, Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège) (2)AgroBioChem Department, Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège)

N2O is a potent greenhouse gas produced by nitrifying and denitrifying microorganisms. In agricultural soils, the uppermost soil layer constitutes the main source of N2O emissions, which are driven by climatic events such as precipitations, but also by soil properties such as N and C availability. Farming practices like tillage can influence these soil properties and consequently affect greenhouse gas emissions. Between June and October 2015, CO2 and N2O fluxes were measured on a maize crop located in Gembloux (Belgium), using a homemade automated set of dynamic closed chambers. Two tillage treatments were compared: reduced tillage and conventional tillage, both applied since 2008. A significant impact of tillage was observed on GHG emissions: mean emissions were twice larger (CO2) and six times larger (N2O) under reduced tillage than in conventional tillage, presumably because of higher total organic C and total N content, and greater microbial biomass in the upper soil layer. An emission peak of N2O was observed in both treatments mid-June less than 24h after heavy precipitations. The absence of peak later during the experiment was attributed to maize growth and competition for soil N. In reduced tillage, soil temperature explained ~10% of N2O background flux variability, but no significant relationship was found for conventional tillage. No clear pattern (e.g. daily cycle) was identified in N2O background fluxes. Our results highlight the need for continuous measurements as peaks can happen several months after fertilization, and the need for high temporal resolution measurements to understand the dynamics behind N2O emissions.

Utilisation des biochars pour augmenter le stockager de carbone dans les sols tempérés

PAJANY Paola, GIRARDIN Cyril & RUMPEL Cornelia

CNRS-INRA, IEES, Thiverval-Grignon, France

Le défi du changement climatique nécessite de trouver des solutions d'atténuation qui permettent de diminuer les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, particulièrement le CO?. L'une des solutions est d'augmenter les stocks de C stable du sol en amendant des sols avec des biochars – un produit riche en C hautement stable obtenu par pyrolyse de biomasse végétale. Un dispositif expérimental a été mis en place par l'INRA dans le cadre du projet européen EUROCHAR en 2012. Des sols sous prairie ont été amendés avec des biochars marqué au 13C (30 tonnes/hectare) et l'objectif de l'étude a été de quantifier le stockage de carbone et la contribution des biochars dans différentes profondeurs du sol et élucider son effet sur le fonctionnement biologique des sols après plusieurs années Le sol a été échantillonné et analysé pour son teneur an C ainsi que la signature isotopique du C. Les résultats montrent, que les biochars augmentent le stockage du C des sols et qu'ils contribuent à l'agrégation des sols. Toutefois, au cours de temps une perte des biochars probablement par transport vertical a été observée. Nous concluons, que les processus physiques doivent être pris en compte dans l'étude de devenir des biochars dans les sols.

Quel est le devenir des racines dans différentes profondeurs des sols ? Retour sur une expérience menée pendant trois ans sur terrain.

Rumpel, C. (1), Sanaullah, M. (1), Baumann, K. (1), Marron, P.A. (2), Remusat L. (3), Dignac, M.F. (1), Chabbi, A. (4)

1 CNRS-INRA, IEES, Thiverval-Grignon, France, 2 INRA, Agroécologie, Dijon, France, 3 CNRS, IMPMC, Paris, France, 4 INRA, UR P3F, Lusignan, France

L'apport du C d'origine racinaire pourrait augmenter le stockage du C dans les sols. Toutefois, le devenir des litières provenant des racines dans différentes profondeurs de sol ainsi que leur effet sur les communautés microbiennes est méconnu. L'objectif de l'étude a été d'analyser la décomposition et la stabilisation des racines apportées, leur impact sur la nature des matières organiques du sol (MOS) et les communautés microbiennes. Nous avons exposé des racines marquées au 13C à trois profondeurs (30, 60, 90 cm) d'un sol limoneux sous prairie. Nous avons suivi pendant 36 mois l'incorporation de 13C provenant des racines dans différentes fractions du sol. Egalement, nous avons analysé leur effet sur la composition des MOS et les communautés microbiennes du sol. Nos résultats montrent que malgré des cinétiques contrastés de C et de N, des quantités de litière restantes après 36 mois sont similaires dans les trois profondeurs, ainsi que les processus de stabilisation. L'apport des litières stimule des communautés copiotrophiques, qui sont impliqués dans la décomposition dans toutes les profondeurs comme principaux acteurs. Toutefois, la nature chimique des MOS montre des changements différenciés dans les trois profondeurs de sol avec la stabilisation préférentielle des résidus végétales en surface et des produits microbiennes en profondeur. Nous concluons, que les processus de dégradation et de stabilisation du C provenant des racines sont quantitativement similaires dans différentes profondeurs du sol grâce à la stimulation des communautés copiotrophiques. Toutefois des conditions pédoclimatiques semblent influencer la nature des MOS stabilisées.

Projet piCaSo : pilotage sylvicole et contrôle pédologique des stocks de carbone des sols forestiers

Laure Soucémarianadin (1), Pierre Barré (1), Samuel Abiven (2), Elise Albertin (3), Bernard Barthès (4), François Baudin (5), Alain Berthelot (6), Claire Chenu (7), Mathilde Duverger (6), Frédéric Gosselin (8), Bertrand Guenet (9), Jacques Mériguet (1), Manuel Nicolas (10), Laura Séréni (1), Florence Savignac (5) & Lauric Cécillon (3)

(1) Laboratoire de Géologie de l'Ens, UMR 8538 CNRS-ENS Paris ; (2) Université de Zurich ; (3) UR EMGR Irstea Grenoble ; (4) UMR Eco&Sols IRD Montpellier ; (5) ISTEP-UPMC Paris ; (6) FCBA ; (7) UMR ECOSYS INRA-AgroParisTech Thiverval-Grignon ; (8) UR EFNO Irstea Nogent-sur-Vernisson ; (9) LSCE CNRS-CEA Saclay ; (10) ONF Fontainebleau

Le projet piCaSo est financé par le programme REACCTIF de l'ADEME (2014–2017). Il s'inscrit dans le contexte du développement de la filière bois-énergie en France (augmentation des prélèvements de biomasse) et du programme international 4p1000 (recherche de solutions agricoles et forestières pour maintenir et augmenter les stocks de carbone organique du sol ; COS). Le projet piCaSo propose de créer un référentiel national de l'effet des modes de gestion sylvicole sur les stocks de COS dans différentes situations pédoclimatiques (forêt non exploitée, gérée, plantation, taillis à courte et très courte rotation (TCR, TTCR); ≈ 150 placettes réparties dans 30 massifs forestiers en France). Au-delà de l'évaluation des effets de la sylviculture et de la pédologie sur les stocks de COS, piCaSo vise à mieux prédire l'évolution de ces stocks (dC/dt). Le projet développe ainsi une méthode originale capable de fournir en routine une estimation robuste de la durabilité du stockage de COS (identifier les sols à potentiel de perte ou de gain de COS). Les premiers résultats montrent des effets faibles de la gestion forestière sur les stocks de COS, difficiles à mettre en évidence en raison de la forte hétérogénéité spatiale des sols et de la lourdeur des dispositifs de suivis. Il n'y a pas d'effets visibles d'un abandon de l'exploitation forestière sur le stock de COS (96 placettes ; projet GNB-Sol Irstea/MEDDE). Toutefois en plantation de Douglas (essais densité et éclaircie, FCBA), nous avons observé des tendances non significatives d'un pilotage sylvicole des stocks de COS via l'augmentation de la surface terrière. De plus, nos résultats confirment l'importance du contrôle de la pédologie sur les stocks de COS en forêt. Un réexamen des résultats des sites RENECOFOR (ONF) montre que le type de sol est un prédicteur plus performant des stocks de COS forestiers (0–1m) que les paramètres pédologiques classiques (e.g., teneur en argile, pH du sol). Enfin nos travaux préliminaires de développement d'un indicateur de l'évolution des stocks de COS indiquent que la pyrolyse Rock-Eval 6 est une méthode pertinente pour étudier en routine la stabilité du COS (stabilité thermique ≈ stabilité biogéochimique). Nos premiers résultats montrent un contrôle pédologique de la stabilité du COS. En 2016, le travail d'inventaire de l'effet des pratiques sylvicoles sur les stocks de COS sera poursuivi sur les plantations de pins maritimes de la forêt landaise ainsi que sur un réseau de placettes en TCR et TTCR de peuplier (FCBA). La technique de pyrolyse Rock-Eval 6 sera comparée/couplée à 3 autres techniques d'étude de la stabilité du COS (incubation, fractionnement, mesure des charbons) sur les sols du RENECOFOR. Après calibration, notre indicateur de la durabilité des stocks de COS permettra d'identifier les zones forestières dont le stock de C est soit vulnérable soit stable.

Améliorer le diagnostic de la qualité des sols agricoles wallons par un fractionnement du carbone organique du sol.

Trigalet Sylvain (1), Chartin Caroline (1), Kruger Inken (2), Carnol Monique (2), Van Oost Kristof (1,3), van Wesemael Bas(1).

- (1) Université Catholique de Louvain, Earth and Life Institute, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium. - (2) Université de Liège, Laboratoire d'écologie végétale et microbienne, Botanique B22, Boulevard du Rectorat 27, 4000 Liège. - (3) FNRS Research Associate

Diagnostiquer efficacement l'état de la matière organique des sols (MOS) agricoles est nécessaire pour faciliter la détection des changements de la qualité du sol induits par différentes pratiques agricoles. La nature de la MOS est complexe et ne peut être monitorée aisément à cause de l'hétérogénéité de ses composants. L'évaluation de la dynamique du niveau de MOS, typiquement caractérisé par le carbone organique total (COS), peut être perfectionnée en utilisant différentes fractions de carbone possédant des turnovers contrastés. En considérant des entités représentatives d'un fonctionnement contrasté des composants de la matière organique, un fractionnement du COS améliore le diagnostic du statut de la MOS. En séparant le carbone organique associé aux argiles et limons fins (carbone stable avec un faible turnover) et le carbone non associé à ces derniers (carbone labile et intermédiaire avec des turnovers plus rapides), les effets des pratiques agricoles peuvent être détectés efficacement à différentes échelles. Les fractions sont utilisées comme proxys de fonctions écosystémiques de la MOS. La présente étude se concentre sur un protocole de fractionnement mis en place afin d'affiner l'interprétation du turnover de la MOS et de la séquestration potentielle dans les sols agricoles de Wallonie (Belgique). Il est appliqué au sein d'unités régionales wallonnes présentant des conditions similaires de climat, de gestion et, dans une certaine mesure, de sol. Au sein de chaque unité et pour une utilisation agricole particulière, des échantillons aléatoires sont analysés afin de déterminer les gammes de valeurs de référence pour chaque fraction de carbone organique. Le statut de chaque fraction pour une surface agricole déterminée (champ ou prairie) peut ainsi être comparé à sa gamme de valeurs de référence dans l'unité rurale correspondante. En proposant un état des lieux plus détaillé que par l'utilisation du carbone organique total, les fractions affinent le diagnostic de la qualité des sols agricoles en ce qui concerne les fonctions écosystémiques de la matière organique.

S7 Présentations poster

Quelle est l'importance du « priming effect » à long terme ? Apport d'une expérimentation au champ de 52 ans

Rémi Cardinael, Thomas Eglin, Bertrand Guenet, Cathy Neil, Sabine Houot, **Claire Chenu**

UMR Ecosys, INRA AgroParisTech Grignon; ADEME, Angers; LSCE, CNRS, Saclay

Introduction. Des expérimentations en laboratoire sur temps court ont montré que la vitesse de minéralisation des matières organiques du sol pouvait être augmentée par l'apport de matières organiques fraiches, une sur-minéralisation que l'on dénomme « priming effect ». Ce processus pourrait affecter la dynamique du C à des échelles globales, mais son importance n'a pas encore été évaluée à des échelles de temps pluriannuelles à décennales. Matériels et méthodes. Dans cette étude, nous avons analysé l'évolution des teneurs et stocks de carbone organique du sol d'une expérimentation de jachère nue de longue durée (52 ans), située à Grignon (Yvelines, France). Les sols ont été gardés nus depuis le début de l'essai par désherbage manuel ou chimique et les parcelles ont reçu, soit aucun apport organique depuis 52 ans, soit un apport annuel de paille fraîche ou encore un apport annuel de paille compostée. Nous avons fait l'hypothèse que l'apport de paille fraiche s'accompagnerait d'un priming effect contrairement à l'apport de paille compostée et que les stocks de C organique du sol devraient donc se différencier au cours du temps entre les différentes parcelles. Des échantillons d'archive ont permis d'établir la cinétique d'évolution du carbone organique de l'horizon de surface (0-20 cm) des sols. Résultats Nous n'avons observé aucune différence significative entre les stocks de C organique des sols, que la paille ait été apportée fraîche ou compostée, ce qui suggère une absence de priming effect à long terme. Pour aller plus loin, nous avons évalué si les taux de minéralisation de la matière organique du sol différaient entre les parcelles avec et sans entrée de matière organique fraîche au sol, en utilisant des modèles simples de la dynamique du COS basés sur le formalisme Hénin-Dupuis. En utilisant un modèle à 3 compartiments de carbone nous avons trouvé que les vitesses de minéralisation du carbone sont 2 à 4 fois plus lentes dans apport de matière organique fraîche qu'avec. Ceci suggère un priming effect important. Cependant, en utilisant un modèle à 4 compartiments de carbone, une cinétique de premier ordre avec les mêmes paramètres décrit bien l'évolution des teneurs en carbone dans toutes les parcelles de l'essai. Conclusion Nos résultats ne permettent pas de conclure à l'absence d'un effet du priming effect sur les stocks de carbone organique du sol à l'échelle de temps décennales, mais suggèrent que ce processus n'est pas essentiel, ni peut être pertinent pour expliquer la dynamique du carbone organique des sols à long terme.

Constructed Technosols for agricultural practices: case of a field experiments and total organic carbon evolution

Robin Dagois, Geoffroy Séré, Christophe Schwartz

1Laboratoire Sols et Environnement, Université de Lorraine, UMR INRA 1120

Since several decades, the world has witnessed an increase of its population, accompanied with a rise of the production of industrial wastes and a decrease in soil quality. The Lorver research program aim to create a production chain to obtain industrial products (biochar, fibers) from for soil constructed via pedological engineering with industrial wastes (sediments, sludge). Briefly, industrials and wastes materials are selected for their physico-chemical properties to fulfill functions as soil horizons would. After previous in situ test of biomass production on industrial by-products (Jeandelaincourt, France), a larger field-scale experiment was constructed to test this biomass production similar to a standard agricultural management on a natural soil. Two soil construction modalities were set-up at Homécourt (France) (i) 1 hectare of land dedicated to hemp production and (ii) 1.5 hectare dedicated to nettle and woody plants. The constructed soil for each modality is as follow: (i) 0.4m pulp sludge/sediments, 0.3m sediment/bioremediated soil and 0.3m bioremediated soil/compost for hemp and (ii) 0.5m pulp sludge, 0.3m pulp sludge/bioremediated soil and 0.3m bioremediated soil/compost for hemp for nettle and woody plants. Experimental plots (100 m²) were drawn on both fields to test the following agricultural management: no nitrogen input, nitrogen input, and biochar without nitrogen in four replicate each. The field experiment was launched in 2016, and a first soil sampling campaign allowed to fully describe 9 soil profiles per field and sampled one composite surface sample per experimental plot. The soils were characterised with different agronomic (pH, CEC, texture, exchangeable cations), physical (surface status, density) and chemical parameters (dissolved and total organic matter, total nitrogen and 3D fluorescence). The results allow the start of a long term field monitoring of this in situ device. A particular focus was made on the prediction of the total organic carbon content with the help of modeling tool (Roth C) as an indicator of soil quality and carbon sequestration. In conclusion, this experiment represents the first step towards the validation and sustainability of new agricultural practices which are currently still monitored.

Effets du biochar sur le recyclage des nutriments C, N, P et K des engrais organiques

Hadrien GAULLET (1), Jean-Thomas CORNELIS (1), Didier STILMANT (2), Michael MATHOT (2)

(1)Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Systèmes Sol – Eau. Université de Liège
(2)Centre de recherches agronomiques wallon, Gembloux

Augmenter la résilience et la durabilité de nos agro-écosystèmes constitue un défi majeur du 21ème siècle. La gestion actuelle des agro-écosystèmes et l'utilisation intensive de fertilisants peuvent engendrer une dérégulation des cycles des nutriments au sein des systèmes sol-plante, impliquant une augmentation de la pollution des eaux de surface et l'émission de gaz à effets de serre. Les engrais de ferme (fumiers) sont sujets à la perte de nutriments par volatilisation et lessivage, conduisant ainsi à leur appauvrissement et à des pertes hors du système engrais-sol-plante. À cet égard, l'emploi de bâches ou de biofiltres de compost a été largement étudié afin de tenter de minimiser ces pertes. Ces méthodes demandent toutefois beaucoup d'investissement et s'avèrent contraignantes quant à leur mise en œuvre. Face à ce constat, nous proposons l'utilisation de biochar comme biofiltre. Réputé pour ses propriétés de rétention d'eau et de nutriments, le biochar est issu de biomasse pyrolysée destinée à amender les sols. Doté d'une surface spécifique et d'une porosité élevées, ainsi que d'une facilité d'application en conditions de terrain, le biochar apparait comme un candidat potentiel pour une utilisation en biofiltre lors du compostage des engrais de ferme. Le biofiltre consiste à envelopper le compost (bedding and covering) avec du biochar afin que celui-ci capte les émissions gazeuses et liquides.
Les objectifs de cette étude sont d'investiguer la capacité du biochar à (1) recycler les nutriments (N, P, K, Ca, Mg, Na) et molécules organiques (acides organiques) émis lors du stockage et du compostage des engrais de ferme sans entraver la performance de compostage, (2) former un écosystème microbien stable (biofiltre) favorable à la biodégradation des polluants volatils. Les différents mécanismes de rétention des nutriments par le biochar seront investigués afin de développer un biofiltre adapté au recyclage des nutriments et molécules organiques. Le complexe microbien stable sera étudié selon l'abondance et la diversité microbienne du biofiltre et du compost. L'impact de la biofiltration sur les propriétés physico-chimiques et donc, le devenir du biochar dans l'environnement, seront mis en valeur par une caractérisation physico-chimique détaillée des propriétés du biochar avant et après biofiltration.

Les résultats préliminaires de cette étude montrent que le biofiltre de biochar entraine un effet retard sur la phase thermophile de compostage, sans toutefois en atténuer la performance. L'évolution des indicateurs physico-chimiques que sont le pH, le rapport C/N et la minéralisation de la matière organique confirment la maturation de la matière organique des composts avec biofiltre. La stabilisation de la matière organique des composts s'accompagne d'une réduction des pertes en composés organiques et nutriments par lessivage, comme c'est le cas pour le carbone et l'azote.

Impact of landuse management on soil organic matter dynamics at the landscape scale, in a rural agricultural catchment in Brittany, France

Julien GUIGUE (1,2), Olivier MATHIEU (2), Mathieu THEVENOT (2), Cédric LE GUILLOU (3), Virginie NOWAK (3), Julie TRIPIED (3), Céline FAIVRE-PRIMOT (3), Mélanie LELIEVRE (3), Samuel DEQUIEDT (3), Walid HORRIGUE (3), Emilie SZLEPER (2), Marie-Jeanne MILLOUX (2), Anne-Lise SANTONI (2), Julia KAISIN (2), Philippe AMIOTTE-SUCHET (2), Nicolas CHEMIDLIN (3), Pierre-Alain MARON (3), Lionel RANJARD (3), Jean LEVEQUE (2), Valérie VIAUD (4)

(1) Laboratory of Soil Science and Plant Nutrition,Yamagata University, Japan (2) Univ. Bourgogne Franche-Comté, CNRS, Biogéosciences, F-21000 Dijon, France (3) INRA, UMR 1347 Agroécologie, F-21065 Dijon, France (4) INRA, UMR 1069 SAS, F-35042 Rennes, France (5) Laboratoire PROTEE-CAPTE, Université de Toulon,La Garde, France

Agroecosystems have to maintain or increase food and biomass production while reducing their impact on the environment (water, air, soil, biodiversity) and their dependence on non-renewable resources (mineral resources, fossil fuels). In addition, these ecosystems have to adapt to climate change and should be able to provide mitigation services, e.g. soil carbon storage. Soil organic matter (SOM) is a key element for agroecosystems sustainability and SOM dynamics, i.e. SOM stocks and related fluxes (CO2 and N2O emissions, dissolved losses), could be a relevant measure of agroecosystems response in a changing world. In this study, about 100 soil samples were collected, at the landscape scale, in a small agricultural catchment, in the west of France (Naizin catchment, N 47.99; W 2.84). The objective is to determine the effect of the landuse managements (crop rotations, organic amendments, fertilization…) on the SOM dynamics. For these we measured bulk soil properties, water-extractable OM quantity and properties (3D Fluorescence and elemental analyses: C, N, H, O), and we conducted an incubation experiment to measure the potential emissions of CO2 and N2O, as well as the priming-effect. The main landuse classes found in this area are (i) permanent agricultural fields and (ii) rotations between cropland and grassland (C/G). Few soils under permanent grassland were also used for a better comparison of the two main landuse. No clear differences in the soil C and N contents were found, but a greater fraction of water-extractable OM was observed in soils under C/G rotation. These soils were also characterised by higher CO2 production. These results suggest that the SOM transformation is enhanced by C/G rotation compared to soils under permanent cropland. We now aim to investigate how this change in SOM dynamics may alter the stability of soil organic carbon.

The potential of biomass (waste)flows from nature management as a soil improver and peat alternative for the floricultural sector in Flanders

Audrey Miserez, Karen Vancampenhout

KU Leuven, Bioengineering Technology TC, Technology Campus Geel
(audrey.miserez@kuleuven.be)

Sustainable management of biomass (waste)flows is an important priority for Europe. With the recent approval of the 'Action Plan for Sustainable management of biomass (waste)flows 2015 to 2020' Flanders also showed its engagement. Increasingly important yet poorly researched waste flows are biomass residues as byproducts of nature management. The major part of the waste flow (including low-quality grass, chopper and heathland sods ('plaggen')) does not have a useful destination and can neither be burned, fermented or composted. Major hurdles confer an adequate knowledge of the material variability, behavior in the soil and substrates and their effects on plant growth and soil biodiversity. The heath4peat project tries to answer two questions of interest for the floricultural and nature sector: (1) can biomass residues from nature management be used as a soil improver for tree nurseries and (2) is this biomass an innovative alternative to peat for container crops? On the one hand, a field experiment was set up with Alnus glutinosa, Fagus sylvatica and Quercus robur in 2015 and repeated in 2016. Four biomass flows are added to the light sandy loam soil of the fields in Waarschoot: two different qualities of Heath chopper, heathland sods and forest litter. After one growing season Fagus sylvatica and Quercus robur growed significantly better on the soil amended with biomass fluxes compared to the control (green compost). On the other hand, a potting experiment was set up for the container crops. Ten different species, such as Azalea sp. and Taxus sp., were grown in four different potting soil mixes and compared to a control (without addition of biomass residues) in 2015. In 2016 this experiment is repeated with a variation in the volume of peat replaced by biomass residues. Aboveground and underground biomass as well as plant development are evaluated to understand the interaction between the residues, the substrate and the crops. Additionally, an incubation experiment is followed-up to explain the findings of the field and potting experiments and to understand the mineralization process.

Caractérisation spatiale du carbone organique du sol à différentes échelles à Madagascar

N. Ramifehiarivo (1), A. Andriamananjara (1), H. Razafimahatratra (2), T. Razafimbelo (1), M. Rabenarivo (1), A.Rasolohery (3), N. Ranaivoson (1), F. Seyler (4), C. Grinand (5), A. Albrecht (6), F. Razafindrabe (7), M. Brossard (8), H. Razakamanarivo (1)

(1)Laboratoire des RadioIsotopes,Université d'Antananarivo,Madagascar, (2)Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques,Université d'Antananarivo,Madagascar, (3)Conservation International,Antananarivo, Madagascar, (4)IRD Institut de recherche pour le développement, UMR Espace-dev Montpelier France, (5)Association Etc Terra, Antananarivo Madagascar, (6)IRD, UMR Eco&Sols Montpellier, France, (7)Institut Géographique de Madagascar, Antananarivo Madagascar

Poster

La quantification du Carbone Organique du Sol (COS) est importante pour toutes les évaluations conduisant à des bilans de séquestration du C; celle-ci fait partie des services écosystémiques incontournables dans la réduction des effets du changement climatique et la gestion de la fertilité du sol pour lutter contre l'insécurité alimentaire. A Madagascar, des recherches avancées sur le COS sont exigés pour améliorer la précision en valeur et en échelle des cartes déjà existantes. Cet étude a comme objectifs: (i) de modéliser la distribution spatiale du COS sur une échelle locale, régionale et nationale à l'aide de variables environnementales déterminantes, (ii) de spatialiser les stocks de COS pour ces 3 échelles sur une profondeur de 0-30 cm. Des modèles de spatialisation prédisant ces stocks à partir de l'algorithme RandomForest ont été développés à partir de 12 variables pédoclimatiques (Type de sols, Température, Précipitation), topographiques (Pente, altitude), l'utilisation des sols (Type d'occupation des sols, pourcentage de couverture de végétation, biomasse) et les indices de végétation calculés à partir des données satellitales. A l'échelle locale, Commune Rurale de Didy, superficie de 1416 km², 213 profils de sols ont été utilisés comme données de référence pour les valeurs de stock de COS; à l'échelle régionale, écorégion humide de l'Est, aire de 205858 km², 800 profils de sols; à l'échelle nationale (587000 km²), 1996 profils. Les résultats ont montré que le modèle de prédiction à l'échelle locale est meilleur, comparé aux autres échelles avec un RMSE (Erreur quadratique Moyenne) de 15,47 Mg/ha, 24,55 Mg/ha (régionale) et 25,81 Mg/ha (nationale). Les variables explicatives du COS résultant de ces modèles sont: la précipitation, le couvert végétal et le type d'occupation des sols à l'échelle locale, tandis que précipitation, altitude et température sont les plus importants aux autres échelles. Les cartes de COS ont montré que le stock varie respectivement de 60 à 150 Mg/ha, de 60 à 130 Mg/ha et de 40 à 150 Mg/ha à l'échelle locale, régionale et nationale. Les variables climatiques, topographiques et l'usage des terres ont une influence importante dans le processus de stockage du COS. Les différences observées selon l'échelle considérée et la variabilité des stocks prédits s'expliquent par la disparité des valeurs à chaque échelle. L'étude a permis d'améliorer la connaissance de la distribution spatiale du COS et leurs estimations par rapport aux précédentes cartes du pays.

Mots-clés: Cartographie, fertilité, modélisation, quantification, télédétection

Session 8 Sols urbains et pollution des sols

S8 Présentations orales

Devenir des antibiotiques dans les sols agricoles amendés ou non par des déchets organiques, et effets combinés de contaminants

Andriamalala A.(1), Vieublé-Gonod L.(2), Cambier P.(1).

1 INRA, UMR ECOSYS, 78850 Thiverval-Grignon, France. 2 AGROPARISTECH, UMR ECOSYS, 78850 Thiverval-Grignon, France.

Les antibiotiques (ATB), largement utilisés en médecine humaine et vétérinaire, sont en grande partie excrétés. Les antibiotiques sont disséminés dans les sols agricoles via l'épandage des produits résiduaires organiques (PRO) que sont les lisiers ou fumiers, et les composts de déchets verts et boues de station d'épuration (le traitement des eaux usées ne les éliminant pas complétement), avec des risques inconnus sur la santé humaine et l'environnement. De plus, ces PRO contiennent d'autres contaminants tels que les éléments traces métalliques (ETM), qui s'accumulent dans les sols au fil des épandages. Les interactions entre contaminants en relation avec une matrice organique qui évolue au cours du temps et qui interagit elle-même avec les contaminants peuvent affecter le devenir et/ou les effets potentiels des ATB sur les activités microbiennes du sol. L'étude présente vise à mieux comprendre l'effet historique du sol et l'effet cocktails de contaminants, sur le devenir dans les sols de deux ATB couramment consommés : la ciprofloxacine (CIP) et le N-acétyl-sulfaméthoxazole (N-SMX). Les métaux choisis sont le cuivre (Cu) et le zinc (Zn), ETM dont les apports dans les sols via les PRO sont souvent les plus significatifs. Des incubations de sol + ATB (+/-ETM) ont été réalisées en conditions de laboratoire avec les antibiotiques marqués au 14C pour suivre leur devenir : fractions minéralisées, facilement extractibles, difficilement extractibles, non extractibles. Pour tester l'effet sol, le N-SMX (0.02 mg / kg) et la CIP (0.15 mg/kg) ont été apportés à trois sols se différenciant par leur historique d'apport : un sol témoin non amendé (TEM), et deux sols amendés tous les deux ans depuis 1998, l'un par du fumier (FUM), l'autre par un compost de déchets verts et boue de station d'épuration (DVB), l'hypothèse sous-jacente étant que les sols qui ont reçu des PRO depuis 15 ans abritent une microflore différente des sols témoins du fait d'une exposition chronique à différents polluants. Les résultats montrent que le devenir des antibiotiques est peu affecté par le type de sol. La minéralisation du N-SMX est lente, de l'ordre de 10% après 150 jours, tandis que la minéralisation de la CIP est négligeable. La majorité de la radioactivité est concentrée dans les fractions difficilement extractibles et non extractibles. L'impact de l'apport combiné d'une part des antibiotiques N-SMX et CIP, et d'autre part du N-SMX et des métaux Cu et Zn, sur le devenir du N-SMX, ont été étudiés par l'apport du N-SMX (0.02 mg/kg) seul sur le sol témoin, ou dans une solution contenant la CIP à une dose réaliste (0.15 mg/kg), ou dans une solution de Cu et Zn apportés à dose réaliste (respectivement 20 et 30mg/kg), et 5 fois cette dose (respectivement 100 et 150 mg/kg). Les résultats n'ont pas permis de conclure sur un effet cocktail entre le N-SMX et la CIP. La présence de métaux apportés à la dose la plus élevée a provoqué une diminution de la minéralisation du N-SMX et une augmentation de son adsorption. Ces résultats sont attribués à un effet direct des métaux (formation de complexes avec le N-SMX et inhibition de l'activité de certains microorganismes) et à un effet indirect du fait de la diminution du pH.

Disponibilité des éléments traces dans des produits résiduaires organiques et l'horizon labouré d'un Luvisol amendé durant 15 ans. Evolution et prédiction

Cambier P., Michaud A., Stauffer M., Paradelo R., Mercier V., Germain M., Bodineau G., Revallier A., Houot S.

INRA, UMR ECOSYS, 78850 Thiverval-Grignon, France.

Le recyclage de déchets organiques en agriculture peut aujourd'hui contribuer de manière significative à l'économie de ressources non renouvelables et à l'atténuation du changement climatique. Un essai agronomique dédié à l'évaluation des effets d'épandages réguliers de composts d'origine urbaine a été mis en place en 1998 par l'INRA et VEOLIA, sur un sol de grande culture développé sur loess décarbonaté. Les traitements incluent les épandages bisannuels de 3 types de composts urbains, d'un fumier de bovin et le témoin sans amendement. Les apports de 1998 à 2013 représentent de l'ordre de 40 ans d'épandages courants, avec certains dépassements des seuils réglementaires d'apports d'éléments-traces métalliques (ETM). Les données du suivi de l'essai sont utilisées afin de comprendre et de prédire à moyen-terme l'évolution des ETM disponibles dans les sols amendés par des produits résiduaires organiques (PRO). La disponibilité de 6 ETM est évaluée par 2 méthodes d'extraction chimique basées sur des solutions d'EDTA et de CaCl2. Elles sont ici appliquées aux échantillons représentatifs (i) des amendements organiques apportés entre 2002 et 2013, (ii) des horizons cultivés, amendés ou non, prélevés dans 20 parcelles de l'essai avant chaque épandage. D'autres variables agronomiques sont mesurées sur les mêmes échantillons de sols et de PRO. Les résultats montrent que pour quelques ETM, les fractions EDTA mesurées dans les PRO s'ajoutent arithmétiquement aux fractions EDTA des sols amendés. Dans d'autres cas, notamment pour le cuivre et pour certains PRO, les fractions EDTA des sols augmentent plus vite que selon les apports de Cu-EDTA des PRO. Pour les autres ETM, les apports n'ont pas d'impact significatif sur les fractions EDTA dans les sols. Concernant les fractions échangeables (extraites par CaCl2), pour au moins le zinc et le cadmium, elles différencient les sols de manière opposée à ce que montrent les fractions EDTA: les fractions échangeables deviennent progressivement plus faibles dans les sols amendés que dans le Témoin. Des lois génériques proches de lois d'adsorption publiées par divers auteurs, prédisent une large part des variations de ces fractions échangeables. Ces lois reposent sur la mesure ou la prédiction de la fraction EDTA du métal choisi, du pH et du C organique des sols. Dans le cas de Cu, pour les sols de l'étude, l'évaluation de Cu-EDTA seul permet de prédire Cu échangeable via une loi simple proche d'une loi linéaire, indépendante des autres variables sols. L'ensemble de ces résultats ouvre des possibilités de prédiction de deux fractions chimiques d'éléments tels que Cd, Cu, Zn, d'une grande importance vis-à-vis de la qualité des agrosystèmes.

Evaluation sociétale et acceptabilité sur les déchets mis en œuvre dans la construction de sols fertiles

Olivier Damas[1], Ylang Chevaleraud[2], Pierre Defrance[2], Florimond Brun[2]

[1] Plante & Cité, Angers, France, olivier.damas@plante-et-cite.fr

[2] ACTeon, Grenoble, France

Le programme SITERRE (2011 à 2015) a été financé par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME). Il vise à développer une approche alternative en construisant des sols fertiles à partir de matériaux urbains issus de l'activité ou de la déconstruction des villes, pour un usage en aménagement paysager. L'usage de ces matériaux permet de substituer l'usage de terre végétale - issu du décapage de terre agricole décapée - et de granulats de carrière. Il représente aujourd'hui un coût économique et environnemental conséquent et croissant du fait des distances de transport.

Une analyse sociale a été réalisée afin de mieux comprendre la perception des citoyens et parties prenantes vis-à-vis des matériaux utilisés dans la construction de sols fertiles pour l'aménagement de parcs urbains. Ce travail permet d'évaluer la part de faisabilité de la construction du sol du point de vue de l'acceptabilité sociale des matériaux individuels et des mélanges prévus dans le projet Siterre. À cette fin, plusieurs groupes de discussion impliquant une soixantaine de citoyens ont été animés. Ces ateliers permettent aux personnes d'affronter physiquement les matériaux (texture, couleur) et d'analyser l'évolution de perception de ces personnes avant et après avoir donné des informations objectives.

Il y a deux sortes de déchets.

- déchets minéraux (fins ou granulats) : terre excavée acide (TA), terre excavée basique (TB), briques (BR), béton (BE), gravats de démolition de bâtiments (DB), ballast de voies de chemins de fer (BA).
- déchets et matières organiques : compost (CO), déchets verts broyés (DV), boues de papeterie (BP), balayage de rues (DR), boues de stations d'épuration (BS).

L'analyse de l'acceptabilité a permis d'évaluer (i) les préjugés et les sentiments liés à l'aspect visuel des matériaux sans renseignements supplémentaires fournis (BR et BE) sont le plus reconnu alors que le BP et BS ne sont pas reconnus visuellement), (ii) les préjugés et les sentiments associés du nom des matériaux sans explication ni visuel (CO et DV) sont alors très bien perçus, (iii) l'évolution des perceptions lorsque l'on associe le visuel aux noms (encore une perception positive de DV et CO) et toujours négativement perçu pour les BP et BS.

Une hiérarchie des matériaux selon leur niveau d'acceptabilité est proposée. Il permet d'identifier quels déchets sont considérés comme des matériaux « bannis », quels mélanges semblent être les plus acceptables et appropriés pour les citoyens comme bases potentielles de construction des sols (par exemple TA + CO ou BR+CO). Elle révèle également le degré de méconnaissance lié à la plupart de ces matériaux. Ces résultats donnent des clés pour les

autorités locales (i) pour mieux comprendre et anticiper l'acceptation par le public et (ii) d'envisager des actions de communication en cas de mise en œuvre de construction de sols.

Une étude économique démontre par ailleurs la compétitivité économique et environnementale de ces matériaux.

Mots clés : acceptabilité sociale, construction de sols fertiles, matériaux, déchets, parcs urbains, recyclage, économie circulaire

Potentiel d'utilisation de sédiments fins de barrage pour la construction de sols urbains végétalisés : fertilité agronomique et premières étapes de pédogenèse

G. Fourvel (1,2), L. Vidal-Beaudet (2), A. Le Bocq (1), F. Thery (1), L. Eisenlohr (3), V. Brochier (1), P. Cannavo (2)

1 EDF (Electricité de France) R&D, Centre des Renardières 77818 Moret sur Loing Cedex, France ; 2 Agrocampus Ouest – Centre d'Angers, Unité de Recherche IRSTV EPHor, LUNAM Université, 49045 Angers Cedex, France ; 3 CEREMA – direction territoriale Centre-Est, Unité Déchets – Sols pollués – Eau souterraine, 25 av. François Mitterrand CS 92803, 69674 Bron Cedex, France

Les sédiments sont des matériaux naturels provenant principalement de l'érosion des roches et des sols. Chaque année en France, plusieurs centaines de milliers de mètres cubes de sédiments sont extraits des retenues hydroélectriques d'EDF dont une partie doit être gérée à terre et est considérée comme un déchet. Dans le but de trouver des voies de valorisation robustes de ces sédiments, tout en préservant la ressource « sol naturel », un projet de valorisation des sédiments fins en construction de sol urbain végétalisé a été mis en place. Ses objectifs sont (1) d'évaluer la fertilité agronomique de sédiments provenant de quatre retenues hydroélectriques localisées dans des environnements différents (géographie, géologie, bassin versant) et (2) de suivre les premières étapes de l'évolution pédologique de ces sols construits à partir de sédiments seuls ou en mélange avec de la matière organique exogène. Quatre sédiments limoneux à sablo-limoneux et avec des teneurs en matière organique différentes sont comparés avec l'horizon supérieur d'un sol agricole limono-sableux, classiquement utilisé en tant que terre végétale pour l'aménagement d'espaces verts urbains (sol témoin). Les sédiments et le sol témoin sont étudiés seuls ou en mélange avec 40% v/v de compost de déchets verts pour mimer des horizons supérieurs fertiles. Chaque substrat a été placé dans des bacs lysimétriques individuels d'une capacité de 350 L en juillet 2015, semés avec du Ray Grass anglais (Lolium perenne) et placés en conditions naturelles pour une période de trois ans. Un dispositif de sondes permet de mesurer en temps réel certaines propriétés hydriques des sols (teneur en eau, potentiel matriciel) et la température des substrats. Six mois après la mise en place, nous avons suivi l'évolution des propriétés physiques des sols (stabilité des agrégats, densité apparente, conductivité hydraulique à saturation, porosité), des propriétés chimiques (pH, capacité d'échange cationique, teneur en matière organique, teneurs en majeurs et oligoéléments) et des propriétés biologiques (potentiel de minéralisation, biomasse microbienne, biomasse végétale aérienne et racinaire). Les caractéristiques agronomiques initiales des sédiments sont variables selon l'origine des sédiments et semblent être en adéquation avec la fonction de support de végétation attendue. D'un point de vue physique, l'apport de compost diminue la densité apparente de 0,09 à 0,32 g cm-3 selon le sédiment (densité apparente initiale des sédiments allant de 0,50 à 1,44 g cm-3). L'apport de compost pénalise à court terme la production de biomasse végétale aérienne de certains sédiments. Les hypothèses avancées pour expliquer ces résultats seront discutés lors de l'exposé. Les démontages semestriels du site expérimental permettront de vérifier l'évolution des propriétés agronomiques des sédiments, de comprendre leurs processus de structuration et de décrire leur comportement hydrodynamique sur le plus long terme.

Impact du biochar sur la mobilité des métaux lourds dans le système sol-plante : le rôle du pH

David Houben

HydrISE, Institut Polytechnique LaSalle Beauvais

Le biochar, le résidu solide de la pyrolyse de la biomasse, est de plus en plus considéré comme un amendement permettant de favoriser la remédiation et la valorisation des sols contaminés par les métaux lourds. En effet, en plus de séquestrer du carbone et d'améliorer le potentiel agronomique de ces sols, son utilisation permettrait également de diminuer la mobilité des contaminants, réduisant ainsi les risques environnementaux et la toxicité du sol vis-à-vis des plantes et des organismes qu'il abrite. Toutefois, les mécanismes responsables de l'immobilisation des métaux en présence de biochar ne sont pas pleinement élucidés. Si l'augmentation de l'adsorption des métaux en raison de la présence de groupes fonctionnels (carboxyliques, phénoliques, …) à la surface des particules de biochar a été hypothétiquement suggérée, il semblerait que l'immobilisation des métaux à court terme résulte davantage de l'alcalinisation du sol suite à la dissolution de certaines phases minérales (cendres) contenues dans le biochar. En dressant un état de l'art des principales recherches menées sur l'utilisation du biochar dans la remédiation des sols contaminés, cette communication démontrera le rôle joué par le pH dans l'efficacité du biochar à immobiliser les métaux dans le système sol-plante. En particulier, elle présentera les principaux mécanismes impliqués dans l'immobilisation des métaux en présence de biochar, discutera de leur potentielle réversibilité suite à l'activité rhizosphérique et à l'acidification des sols et tracera les perspectives et possibles voies d'études futures.

Caractérisation taxonomique et fonctionnelle des interactions biotiques et des relations biotique-abiotique de 6 sols fortement anthropisés.

Quentin VINCENT, Apolline AUCLERC , Thierry BEGUIRISTAIN et Corinne LEYVAL.

1.Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux (LIEC), UMR 7360 , Université de Lorraine, CNRS, Vandœuvre-lès-Nancy, France 2.Laboratoire Sols et Environnement (LSE), UMR 1120, Université de Lorraine, INRA, Vandœuvre-lès-Nancy, France

Suite à des usages intensifs d'origines industrielles, des surfaces considérables de sols sont délaissées, avec parfois des risques de pollutions et/ou une dégradation de la qualité des sols. Pourtant, ces sols délaissés sont souvent colonisés par des organismes vivants, laissant supposer un potentiel pour revaloriser ces sites délaissés. Ainsi, le projet LORVER a pour objectif de requalifier ces vastes zones délaissées en y produisant de la biomasse non alimentaire par revalorisation de matériaux industriels considérés comme délaissés dans la construction de sol. Alors qu'elle permet de redonner des fonctions à ces sols, la biodiversité reste encore peu étudiée, surtout si l'on considère ses différentes composantes simultanément. Les rôles du compartiment biotique (micro-organismes, faune, plante) n'étant plus à démontrer dans le fonctionnement des sols, nous avons (i) caractérisé la capacité des sols délaissés à accueillir une biodiversité fonctionnelle et (ii) cherché à évaluer les interactions (biotiques et abiotique/biotique) qui modulent cette diversité. Six différents sols délaissés, ou anthroposols, du nord-est de la France ont été étudiés et trois principaux compartiments biologiques ont été pris en compte ; la microbiologie, la faune du sol et la flore. Trois sols construits (contaminés ou non) et trois friches industrielles développées autour d'anciennes industries ont été échantillonnés (4 à 5 réplicas par site). Ils ont fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique, d'analyses de polluants métalliques et organiques et de leur fractions bio-disponibles, et également d'analyses d'abondance, de diversité et d'activité biologique. Une analyse de co-inertie basée sur les paramètres physico-chimiques des sols et des paramètres de biodiversité a été réalisée. Elle montre que les paramètres physico-chimiques (abiotique) des anthroposols influencent les organismes en termes d'abondance ou de diversité, mais de manière différente, car les 6 sites étudiés diffèrent quant à la concentration en contaminants ou par leur fertilité. Il apparait que sur les 6 sites, les interactions biotiques ont un rôle important dans l'assemblage des communautés. L'abondance de la macrofaune est, par exemple, corrélée positivement à la biomasse végétale ; cette réserve potentielle de litière (nourriture pour la faune décomposeur) et d'habitat serait un facteur influençant les communautés de macrofaune. Les anthroposols étudiés ont une capacité potentielle de décomposition de la matière organique (mesurée par la méthode MicroResp^{TM}) différente, et cette fonction est fortement corrélée à l'abondance bactérienne et fongique. De même, les macro-décomposeurs sont davantage sélectionnés sur certains sites, par rapport à d'autres groupes trophiques. Une relation négative est observée entre l'abondance en macro-décomposeurs et en méso-décomposeurs, liée à une possible compensation fonctionnelle.
Cette étude a ainsi montré que les anthroposols délaissés hébergent une biodiversité importante mais différente d'un sol à l'autre. Cette biodiversité est fonction d'un ensemble de variables abiotiques, soulignant ainsi l'effet multi-facteurs dans l'assemblage des communautés. De plus, les interactions entre les différents compartiments biotiques est un autre facteur qui permettrait d'expliquer l'occurrence de certains groupes biologiques et doivent être pris en compte dans l'évaluation biologique des milieux. Ces interactions se traduisent également par des différences des organismes au niveau fonctionnel.

S8 Présentations poster

La compétitivité économique d'une construction de sols fertiles pour les espaces végétalisés urbains, en substitution de la terre végétale et de granulats de carrière

Olivier Damas[1], Florimond Brun[2]

[1] Plante & Cité, Angers, France, olivier.damas@plante-et-cite.fr
[2] ACTeon, Grenoble, France

Le programme SITERRE (2011 à 2015) a été financé par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME). Il vise à développer une approche alternative en construisant des sols fertiles à partir de matériaux urbains issus de l'activité ou de la déconstruction des villes, pour un usage en aménagement paysager. L'usage de ces matériaux permet de substituer l'usage de terre végétale - issu du décapage de terre agricole décapée - et de granulats de carrière. Cet usage représente aujourd'hui un coût économique et environnemental conséquent et croissant du fait des distances de transport.
La viabilité économique de cette construction de sols a été étudiée et comparée à la situation économique actuelle de la reconstitution de sols, tout en identifiant les déterminants de sa compétitivité.
L'approche repose sur trois cas d'études avec des simulations sur les communes d'Angers, de Nancy et de Paris/Île-de-France, avec le constat de trois types de coûts principaux : les coûts d'achats de matériaux, les coûts de transports, et les coûts de mélanges, de stockage et d'analyses. Les hypothèses de distances (localisation des gisements, lieux des plate-formes de transit et traitement, lieu d'aménagements) qui ont été choisies dans ces exemples sont certes basées sur les distances les plus réduites existantes mais bien sur des éléments, des faits et des expériences réels (plates-formes existantes, prix du marché actuel). Pour certains matériaux de substitution, des prix « négatifs » sont considérés, soit le prix facturé aujourd'hui pour leur mise en stockage en l'absence de réutilisation.
Les simulations effectuées pour les deux horizons et les trois villes montrent que la filière de construction de sols est systématiquement plus intéressante financièrement. Pour la mise en œuvre d'une « terre fine », pour les trois villes, un coût de la filière construction de sols est systématiquement inférieur au coût de la filière traditionnelle. Ce résultat est particulièrement significatif pour Paris/Île-de-France où le coût total à la tonne de mélange s'élève à 30,35 € la tonne pour la filière traditionnelle contre 4,59 € pour la filière de construction de sols. Le déterminant principal est le coût d'achat des matériaux, 15,25 € la tonne pour la terre végétale, contre un prix moyen des matériaux de la filière de construction de sols négatif (-7.95 € la tonne). Pour les villes d'Angers et de Nancy, la filière construction de sols est compétitive mais dans une moindre mesure (différentiel entre les deux filières de 18,10 € la tonne à Angers et 14,05 € la tonne à Nancy).
Pour les mélanges terre-pierres, les résultats révèlent un coût total de la construction de sols systématiquement inférieur au coût de la filière traditionnelle. Le principal déterminant repose sur les coûts de transports. Ceci est vrai surtout pour les villes de Nancy et de Paris utilisant des granulats de pouzzolane, provenant exclusivement du Massif Central ou d'Ardèche. Un mélange terre-pierres à base de béton concassé, situé dans un périmètre proche de la plate-forme de mélange permet de réduire fortement la distance de transport et les coûts (différentiel de 44 € la tonne pour Paris/Île-de-France, 31,01 € la tonne pour Nancy).

Les sols urbains de la Métropole Européenne de Lille (France) : Premiers éléments de caractérisation et enjeux

Sébastien Détriché(1), Aurélie Pelfrêne(1), Emilie Pinte(1), Gaëtan Cheppe(2), Francis Douay(1)

(1) Laboratoire Génie Civil et géoEnvironnement (LGCgE), ISA Lille, 48 boulevard Vauban 59046 Lille Cedex ; (2) Service Risques Urbains et Sanitaires, Direction de l'Habitat, Mairie de Lille 59000 Lille

Les études se focalisant sur les environnements et les sols urbains se sont multipliées au cours des dernières décennies, notamment en raison d'une urbanisation croissante au détriment des terres agricoles. De forts enjeux environnementaux, économiques, sociaux et sanitaires sont clairement identifiés quant à la connaissance et à la maîtrise de ces espaces en termes de gestion et de planification urbaine. Les sols urbains constituent un compartiment environnemental complexe, réactif et susceptible d'assurer des services écosystémiques majeurs bien que soumis à des pressions anthropiques passées et actuelles fortes. Les besoins de connaissance sur la qualité de ces sols et leur distribution spatiale sont en plein développement malgré les difficultés rencontrées en raison de fortes variabilités spatiales du degré d'anthropisation des sols, de l'hétérogénéité des méthodes d'échantillonnage et d'analyse, et de l'absence fréquente de valeurs de référence nationales en milieu urbain pour la caractérisation des pollutions. La problématique de la qualité des sols urbains et plus particulièrement celle des productions légumières au sein des jardins ou de requalification de friches industrielles est particulièrement importante sur le territoire de la métropole lilloise du fait de son lourd passé industriel, de sa forte densité de population et de l'étendue des surfaces urbanisées. Ce travail se propose de porter un regard croisé sur les paramètres pédologiques et physico-chimiques de sols urbains (paramètres agronomiques classiques, degré de contamination en métaux et polluants organiques, teneurs et nature des éléments grossiers…) caractérisés sur de la métropole lilloise lors de différents programmes de recherches. Ces sols ont été caractérisés dans différents contextes environnementaux tels que des délaissés infrastructuraux, des friches industrielles, des jardins familiaux et partagés... Ils présentent des caractéristiques en lien étroit avec les usages des espaces étudiés et ce, au regard des activités anthropiques passées et actuelles au droit des sites (activités industrielles, remaniements, apports et altération de matériaux, pratiques culturales…) et/ou de la proximité actuelle ou passée de potentielles sources de contamination (industries, infrastructures de transport, chauffage urbain…).

Associations organo-minérales au sein de la rhizosphère d'un jeune Technosol

F Watteau, MF Monsérié, JL Morel

Laboratoire Sols et Environnement, UL, UMR INRA 1120

Les processus pédogénétiques des Technosols apparaissent similaires à ceux des sols plus naturels, alors même que leur dynamique peut être plus rapide, leur intensité plus forte et qu'une simultanéité de certains processus rarement observée par ailleurs peut être constatée (Huot et al. 2014 ; Séré et al, 2010). On peut donc s'interroger sur la réalité de la spécificité des processus pédogénétiques des Technosols. La rhizosphère étant un site privilégié pour l'étude du fonctionnement des sols, nous nous sommes intéressés à l'impact des interactions sols-plantes-microorganismes sur les premiers stades de la formation d'un Technosol. Plus particulièrement, nous avons suivi la dynamique des associations organo-minérales de matériaux issus de l'activité sidérurgique lors de leur colonisation par des végétaux. Ces matériaux parents sont de texture grossière (50% de la masse du sol sont supérieurs à 2 mm, 25% compris entre 200 µm et 2 mm), riches en carbone d'origine anthropique (67 mg.g-1), de pH élevé (7,4) et multi contaminés (ETM et HAP). Les associations organo-minérales ont été caractérisées, dans et hors rhizosphère, au sein des fractions granulométriques obtenues par fractionnement à l'eau (analyses physico-chimiques) ou à l'échelle de microsites de l'interface sol/racine (analyse en microscopie électronique à transmission-EDX). Au bout de 5 mois de colonisation végétale, la fraction organo-minérale 2-20 µm est pondéralement plus importante dans le sol rhizosphérique comparativement au sol éloigné de la rhizosphère. L'incorporation au sein du sol de matières organiques issues de l'activité biologique (racines et microorganismes) se manifeste par une augmentation du taux de carbone du sol rhizosphérique (87,5 mg.g-1), les matières organiques se concentrant dans les fractions comprises entre 2 et 200 µm. A l'instar des sols naturels (Six et al, 2004; Watteau et al., 2006), les associations organo-minérales fines de ce Technosol, en particulier celles du compartiment 2-20 µm, apparaissent ainsi également comme une fraction réactive. Cette réactivité se confirme par la forte proportion de HAP retenue au sein de cette fraction, ainsi que l'enrichissement en Zn et Pb constaté dans cette même fraction pour le sol rhizosphérique. Ces métaux sont associés aux matières organiques racinaires nouvellement incorporées (analyses MET-EDX) soulignant ainsi la contribution des matières organiques naturelles au cycle biogéochimique des éléments polluants présents. De plus, l'observation des microsites met en évidence la contribution des matières organiques d'origine racinaire et microbienne à la formation de microagrégats, en particulier via la production/exsudation d'exopolymères ou polysaccharrides. L'activité rhizosphérique au sein de ce matériau à texture grossière favorise ainsi une structuration que l'on peut qualifier de court terme (peu stable, matières organiques impliquées labiles), ce qui se confirme lors de prélèvements ultérieurs échelonnés sur plusieurs années. Néanmoins ces résultats informent sur l'impact de l'apport de matières organiques naturelles sur la structuration et le devenir des éléments organiques et minéraux associés dans ce type de sol, informations à prendre en compte dans le cadre d'étude de réhabilitation de sites, en particulier en situation de remédiation naturelle.