

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin / Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden = Association Suisse des Enseignant-e-s d'Université
<b>Herausgeber:</b>	Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden
<b>Band:</b>	44 (2018)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Formation et recherche em Agronomie à la Haute École di Paysage, d'Ingénierie de Genève - HEPA -HES-SO Genève
<b>Autor:</b>	Gigon, Vincent / Rochefort, Sophie / Boivin, Pascal
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-893759">https://doi.org/10.5169/seals-893759</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Formation et recherche en Agronomie à la Haute École du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture de Genève – HEPIA – HES-SO Genève

Pascal Boivin,\* Sophie Rochefort\*\* et Vincent Gigon\*\*\*

*Au sein des disciplines de l'ingénieur de la HES-SO Genève se trouve la filière de formation en Agronomie. Si deux formations HES en Agronomie sont proposées en Suisse (HAFL à Berne et HEPIA), elles sont différentes par le domaine abordé et chacune unique au plan national. La filière Agronomie HEPIA se consacre en effet aux cultures spéciales et horticoles. Cette formation est essentiellement dispensée dans le cadre du magnifique domaine horticole de Lullier (45 ha) et délivre à un Bachelor HES. Plusieurs possibilités de Master sont ensuite ouvertes aux étudiants qui le souhaitent (actuellement 1/5<sup>ème</sup> de nos diplômés environ).*

## 1. Horticulture?

Les cultures spéciales et horticoles, selon la nomenclature suisse, recouvrent un domaine très vaste. Il correspond au sens général du terme horticulture au niveau international. Relevant de l'agriculture *sensu stricto* se trouvent toutes les cultures vivrières: fruits, petits fruits, légumes, mais aussi plantes médicinales et aromatiques. Puis, relevant des domaines des loisirs et de l'horticulture ornementale, on trouve les pépinières, les parcs et jardins, les gazons de sport, la floriculture, mais aussi tout ce qui relève du verdissement des édifices et zones urbaines: plantations urbaines, toitures et murs végétalisés etc.

Les applications environnementales à base de sol et plantes se développent également depuis une dizaine d'années: murs végétalisés épurateurs, jardins filtrants. Des solutions «vertes» sont développées pour les effluents agricoles et industriels, les eaux de ruissellement agricoles et urbaines etc. De même, la contribution de l'horticulture urbaine à la préservation de la biodiversité et à la régulation de l'hydrologie et du climat urbain est devenue centrale. Ces dimensions sont également présentes dans l'enseignement.

## 2. Le cursus

La formation bachelor (3 ans) délivre des bases particulièrement solides dans les différents domaines biologiques et environnementaux concernés: sols, plantes, insectes, microbiologie, disciplines de bases associées, et outils de l'ingénieur tels que communication, statistiques, gestion de projets. Dès la fin de la première année, des projets appliqués sont introduits dans le cursus: camp de cartographie des

sols, projets en horticulture, en lutte biologique, par exemple. Plus l'étudiant avance dans le cursus, plus la part de travail sur projet – en groupe ou individuel, augmente. Les cours sont de plus en plus ciblés

\* hepia, Route de Presinge 150, 1254 Jussy.

E-mail: [pascal.boivin@hesge.ch](mailto:pascal.boivin@hesge.ch)  
[www.hesge.ch/hepia](http://www.hesge.ch/hepia)



**Pascal Boivin**, docteur en pédologie, est professeur à HEPIA, la Haute Ecole du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture de Genève, qui fait partie de la HES-SO.

En charge du groupe Sols et Substrats, il enseigne la science du sol aux élèves ingénieurs en agronomie ainsi que dans différentes autres filières de formation aux niveaux master et bachelor. Il conduit des recherches et développe des applications sur différents thèmes liés aux cultures en plein champ, sous serre ou hors sol (substrats), ainsi qu'aux applications environnementales de l'horticulture et des technosols (sols construits). Les sujets de recherche couvrent une large gamme: qualité physique des sols cultivés, protection des sols, évaluation des atteintes physiques ou par pollution, restauration et reconstitution de sols, fonction écosystémiques des sols urbains, épuration des eaux industrielles ou de ruissellement par des systèmes sols-plante. Il a effectué des recherches sur des questions de développement (irrigation, salinisation, riziculture) dans les pays du sud pendant 25 ans (Afrique, Asie et Amérique Latine), à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) dont il est Directeur de Recherches. Pascal Boivin est membre de l'Editorial Board de plusieurs revues internationales, il est actuellement président de la «European Confederation of Soil Science Societies» et en charge d'organiser le prochain congrès européen de Science du Sol à Genève en 2020.

\*\* hepia, Route de Presinge 150, 1254 Jussy.

E-mail: [sophie.rochefort@hesge.ch](mailto:sophie.rochefort@hesge.ch)  
[www.hesge.ch/hepia](http://www.hesge.ch/hepia)



**Sophie Rochefort**, docteur en entomologie, est professeur à HEPIA, la Haute Ecole du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture de Genève, qui fait partie de la HES-SO. Elle enseigne les sciences entomologiques aux étudiants ingénieurs en agronomie ainsi qu'aux étudiants master. Elle est responsable du groupe Agro-écologie et systèmes horticoles durables.

Ses travaux de recherche portent principalement sur l'entomofaune des systèmes agricoles et urbains en termes de biodiversité fonctionnelle mais aussi de ravageurs des cultures. Au niveau agricole, le monitoring des ravageurs émergents ainsi que l'impact des changements climatiques sur leur survie et leur développement sont des thématiques abordées. Pour le milieu urbain, la biodiversité entomologique retrouvée dans différentes infrastructures vertes (toitures et murs végétalisés, fermes urbaines, parcs urbains) ainsi que les services écosystémiques rendus par les arthropodes sont étudiés. Enfin, Sophie Rochefort réalise des travaux sur l'agriculture urbaine portant notamment sur les systèmes de cultures, les variétés cultivées et les polluants. Sophie Rochefort est membre du comité de GE-21. Elle est également secrétaire de la Société entomologique de Genève et membre du comité sur l'agriculture urbaine du SAGUF. Elle siège aussi sur la commission scientifique de Plante&Cité.



Figure 1. Etude de la diversité biologique sur toitures végétalisées

«métiers» et mettent ainsi les étudiants en situation réelle, au contact de professionnels. Aux domaines de base de l'horticulture se joignent des thématiques complémentaires telles qu'agriculture urbaine, agriculture de conservation, politiques agricoles ou services écosystémiques par exemple.

La formation est résolument orientée vers les modes de productions biologiques ou respectueux de l'environnement, et la promotion des productions locales. Ce choix est à la fois éthique et pédagogique. En effet, les milieux professionnels s'accordent à dire que le cahier des charges des productions biologiques, par son exigence technique, est une base de formation optimale. Les diplômés seront ensuite en mesure de faire leurs propres choix professionnels dans les meilleures conditions.

Les étudiants sont environ 30 par année, ce qui permet un suivi rapproché et individualisé, avec des temps de contact étudiant-enseignant élevés. L'accent est mis sur la formation technique et pratique en petits groupes: aux aspects théoriques sont toujours joints les aspects pratiques de la mise en œuvre des outils. La professionnalisation de la formation est un souci majeur et permanent, elle représente la spécificité des HES, et leur point fort pour l'entrée des diplômés sur le marché du travail. Les étudiants proviennent pour un tiers de la filière professionnelle (Certificat Fédéral de Capacité (CFC) avec maturité professionnelle), et pour un tiers des formations gymnasiales. Un dernier tiers a déjà un bagage post-maturité: réorientation après une filière universitaire ou une première expérience professionnelle. Comme pour toute filière HES, les candidats à la formation qui ne sont pas au bénéfice d'un CFC reconnu pour l'Agronomie feront 40 semaines de stage en milieu professionnel avant de commencer leur formation. Cette étape préliminaire

est encadrée et suivie attentivement pour qu'elle atteigne ses objectifs. Le cadre professionnel retenu est parfois associé à une expatriation, par exemple dans le réseau de Woofing, pour enrichir l'apprentissage professionnel d'une expérience linguistique pour laquelle allemand et anglais sont privilégiés. De fait, l'une des fiertés de la filière Agronomie est la fusion des compétences qui se fait entre les différents cursus d'origine. En fin de formation il devient impossible de reconnaître l'origine des étudiants à travers les compétences affichées, les dimensions techniques et théoriques sont également intégrées. On retrouve le témoignage de cette fusion réussie à travers l'insertion professionnelle également indifférente à la formation d'origine.

### 3. L'emploi

Des suivis de cohorte régulièrement effectués permettent de mesurer la réussite de l'entrée dans le monde professionnel. Entre autres critères de satisfaction, le temps d'accès à un CDI est de moins de 6 mois, l'emploi trouvé est en accord avec la formation et les attentes pour une très large majorité des diplômés. Une partie (20 à 25%) poursuivra sa formation soit en la diversifiant, soit en suivant une filière master, voire une thèse de doctorat. La très large ouverture du marché de l'emploi est une constante pour les filières agronomiques, également rapportée par l'ETHZ et la HAFL. Une autre caractéristique commune est la très grande diversité des emplois obtenus. Il est assez difficile de ce fait de les catégoriser. La répartition entre grandes entreprises (> 500 personnes), moyennes entreprises (> 50 personnes) et petites entreprises est équilibrée. Un tiers à un quart des diplômés sera directement aux prises avec des situations de production végétale. Les autres travaillent dans des secteurs très variés, dont le conseil, la recherche, l'administration, les branches professionnelles, les bureaux d'études etc.

Le faible nombre d'étudiants relativement au marché de l'emploi est à mettre en relation avec diverses difficultés et idées reçues qu'il faut constamment désamorcer auprès des futures recrues. Tout en étant filière unique au plan national, la filière se trouve à Genève en région francophone. De ce fait, les germanophones sont sous représentés, soit qu'ils n'osent pas franchir le pas de l'expatriation linguistique, soit qu'ils choisissent de l'éviter en allant vers des formations en Allemagne. Plus généralement, les métiers de l'horticulture sont méconnus, réduits aux productions vivrières voire légumières. En outre, il est souvent présupposé qu'il faut être d'origine agricole et disposer de terres pour s'aventurer dans le domaine, ce qui est tout à fait contredit par les faits. Un important travail de communication doit donc

être entrepris chaque année auprès des différents publics: enseignants, conseillers d'orientation, futurs étudiants et leurs familles. Il est bien résumé par notre devise: «L'agronomie, c'est bien plus grand que vous ne l'imaginez».

#### 4. La recherche: quelle agronomie pour quel avenir?

On l'a vu en introduction, le spectre d'application des compétences horticoles est très large et en prise avec des enjeux considérables. La Suisse dispose d'une faible masse critique de chercheurs dans ces domaines. Et un choix de la filière est d'impliquer étroitement les étudiants dans des projets de recherche pour leur ouvrir de larges perspectives d'avenir, et les former à la rigueur.

Pour toutes ces raisons, la recherche est en fort développement au sein des équipes d'enseignants-chercheurs, et le potentiel de développement est certainement loin d'être atteint. Les recherches sont inscrites dans les réseaux nationaux et internationaux, mis à profit pour ouvrir des sujets de travaux de diplôme aussi variés thématiquement que géographiquement.

##### 4.1. Des sujets de société

Changement climatique, sécurité et souveraineté alimentaire, sécurité environnementale, services écosystémiques, crise des pesticides, préservation de la biodiversité, santé par les plantes et l'activité horticole... qu'il le veuille ou non, l'ingénieur agronome, aussi bien paysagiste que producteur de fruits ou légumes, est en prise étroite avec des sujets qui occupent désormais le devant de la scène, entre questions angoissantes et débats de société. Tous ces thèmes sont abordés par nos recherches et nourrissent en retour l'enseignement. Voici quelques exemples de ces travaux.

##### 4.2. La lutte biologique

La diminution ou l'abandon de l'usage des pesticides passe par le développement de nouveaux outils de lutte contre les ravageurs. Cette recherche concerne tous les domaines de la biologie: micro-organismes, insectes, plantes, et tous les secteurs de production, du plein champ à la serre.

La lutte biologique est un moyen de lutte qui s'inscrit dans le contexte de la production intégrée. Ce système de production utilise des ressources et des mécanismes de régulation naturels des ennemis des cultures, il assure à long terme une agriculture viable. Ainsi la lutte biologique est définie par le recours à des organismes vivants pour gérer des populations d'espèces nuisibles aux plantes cultivées. Elle s'est



Figure 2. Apprentissage de la cartographie des sols

particulièrement développée sous serre qui constitue un milieu dans lequel la maîtrise des paramètres environnementaux permet le développement des agents de la lutte biologique. De nombreux travaux sont à entreprendre pour approfondir nos connaissances dans ce domaine.

##### Lutte biologique contre l'acarien *Tetranychus urticae* en culture de tomate

*Tetranychus urticae* est un acarien phytophage causant de graves dommages sur tomate en cultures sous serre. Aucune solution satisfaisante en lutte biologique n'a été trouvée pour lutter contre ce ravageur alors que différents ennemis naturels sont lâchés pour combattre d'autres ravageurs phytophages de la tomate avec succès, par exemple la punaise *Macrolophus pygmaeus* pour lutter contre les mouches blanches. Cependant un acarien prédateur *Phytoseiulus macropilis* semble pouvoir donner des résultats intéressants dans les conditions climatiques rencontrées sous serre. Les objectifs de ce projet sont de préciser les différents paramètres d'utilisation de *P. macropilis* en tomate sous serre dans la lutte contre l'acarien *T. urticae* et de définir l'impact de la plante hôte sur l'efficacité de *P. macropilis*. En effet la tomate possède des systèmes de défenses pour limiter l'impact des ravageurs phytophages susceptibles d'avoir une action sur les auxiliaires. Ils sont directs (trichomes, sortes



Figure 3. Agriculture de conservation: visite de l'exploitation de F. Thomas.  
<https://asso-base.fr/-L-Agriculture-de-Conservation.html>

de poils glandulaires ou non et différentes substances chimiques contenues dans les tissus) et indirectes (émission de composés volatils attractifs des ennemis naturels des ravageurs). Enfin le projet vise à définir l'impact de la plante hôte sur les interactions entre le deux prédateurs *M. pygmaeus*, *P. macropilis* et le ravageur phytophage conditionnant l'efficacité de la lutte.

Contact: [vincent.gigon@hesge.ch](mailto:vincent.gigon@hesge.ch)

#### 4.3. Les services écosystémiques de l'agriculture et de l'environnement urbain

Les écosystèmes agricoles, urbains, forestiers, etc., procurent de nombreux bénéfices aux humains. Ces bénéfices sont appelés «services écosystémiques (SE)» par le Millennium Ecosystem Assessment des Nations Unies (MEA, 2005) qui les regroupe en quatre catégories soit: les services d'approvisionnement (ex.: nourriture, bois, fibre), de régulation (ex.: climat, contrôle de l'érosion, purification de l'eau, pollinisation, etc.), de support et d'habitat (ex.: formation du sol, habitat pour les espèces, maintien de la diversité génétique) et culturels (ex.: bienfaits récréatifs et avantages pour la santé). Même si ces services sont bien connus et que des indicateurs existent au niveau Suisse pour la majorité d'entre eux, à ce jour peu d'information scientifique ou d'indicateurs sont disponibles sur le service de régulation des ravageurs des cultures ou sur les services rendus par les écosystèmes urbains, notamment au niveau de l'agriculture urbaine (AU) (Pataki et al., 2011). Or, l'AU est une des formes de nature qui gagne en popularité depuis une vingtaine d'années au sein des villes occidentales. Cette popularité s'explique tout d'abord par la production de nourriture qu'elle peut apporter de manière directe ou indirecte aux citadins ainsi que les nombreux autres SE qui lui sont attribués. Toutefois, pour favoriser davantage ce type de nature au sein des villes et pour renforcer sa reconnaissance auprès des planificateurs et décideurs, il est essentiel de quantifier ces services et d'établir des indicateurs de qualité de ceux-ci.

#### Projet AUSE – Agriculture Urbaine et Services Ecosystémiques

L'AU est de plus en plus proposée comme une réponse respectueuse de l'environnement aux défis mondiaux tels que l'urbanisation, la santé publique, la sécurité alimentaire et le changement climatique. Cependant, la démonstration scientifique des SE que peut rendre l'AU et les bénéfices qu'elle apporte à la ville et à ses habitants est très limitée (Pataki et al., 2011). Pourtant, les décideurs politiques à différents niveaux sont de plus en plus intéressés par l'AU car ils y voient un moyen leur permettant de se conformer aux lignes directrices du développement durable de leur ville. La dimension multifonctionnelle de l'AU est alors mobilisée aux services d'objectifs des politiques urbaines et d'aménagement du territoire aussi divers que la valorisation paysagère, la qualité du cadre de vie ou encore l'implication sociale des habitants dans leurs quartiers. De plus, les SE sont davantage considérés par les différents acteurs comme les principes directeurs en matière d'urbanisme mais aussi en agriculture (Niemela et al., 2010; Power, 2010). Il est donc crucial de bien identifier ces SE au sein de structures d'AU afin de les conserver, de les favoriser et aussi d'assurer une meilleure qualité de vie des citadins. Le projet AUSE vise à développer des outils pour que les décideurs supportent l'AU dans la planification des villes de demain car l'intégration de formes appropriées d'AU dans les villes améliorera grandement leur durabilité.

Contact: [sophie.rochefort@hesge.ch](mailto:sophie.rochefort@hesge.ch)

#### 4.4. Les technosols comme solutions d'épuration

Les sols se polluent facilement car ils retiennent très efficacement la plupart des polluants. L'un de leurs principaux services écosystémiques est de ce fait l'épuration des eaux. C'est pourquoi leur utilisation pour épurer s'est développée depuis environ deux décennies. L'une des premières applications fut l'épuration des eaux par les sols des bas-côtés des routes nationales, devenue obligatoire dès 2002 en Suisse. Après avoir activement contribué à développer les normes VSS et VSA<sup>1</sup> correspondantes (Boivin et al., 2008), des solutions pour des effluents agricoles ou industriels ont été développées (voir encadré, VG-Biobed). Dans ce cas, des technosols ont été développés, de façon à ne pas endommager des sols naturels. Ces technosols sont réalisés à partir de déchets organiques, et sont beaucoup plus performants pour l'épuration que les sols naturels. Une famille de solutions a ainsi vu le jour: eaux de refroidissement

<sup>1</sup> VSS: Association suisse des professionnels de la route et des transports; VSA: Association suisse des professionnels de la protection des eaux.

industrielles, eaux de ruissellement urbaines ou agricoles, voies ferrées etc.

Ces substrats performants sont utilisables pour la plantation des arbres en ville. Ils offrent de meilleures conditions de mise en place lors des chantiers, évitant ainsi la compaction, et des conditions de reprise idéales aux arbres urbains, dont l'espérance de vie est très faible dû aux sols de mauvaise qualité (Gillig et al., 2008). Enfin, leur très grande perméabilité permet d'utiliser les fosses de plantation pour infiltrer les eaux urbaines, les épurant, réduisant ainsi les risques d'inondation et les frais d'infrastructure d'évacuation.

#### Le VG-Biobed®

Le brevet hepia VG-Biobed® (pour «vertical green Biobed») concerne la réalisation de murs végétalisés permettant d'épurer les effluents chargés de pesticides au niveau des exploitations agricoles. Ces effluents produits par la préparation des solutions de traitement, ou par le lavage des appareils, causent de 50 à 90% de la contamination des eaux de surface. On sait aujourd'hui que les pesticides provoquent des dommages sanitaires et environnementaux profonds. La solution proposée par le VG-Biobed est économique et élimine totalement cette source de pollution. Elle consiste à effectuer les opérations de préparation et lavage sur une surface imperméabilisée. Les effluents sont dirigés vers une cuve, depuis laquelle ils sont utilisés pour irriguer au goutte-à-goutte un mur végétalisé contenant un substrat adapté. Les plantes du mur transpirent l'eau, tandis que les pesticides sont retenus dans le substrat où ils seront bio-dégradés. Le mur est dimensionné pour qu'en fin d'été tous les effluents aient été éliminés.

Contact: [pascal.boivin@hesge.ch](mailto:pascal.boivin@hesge.ch)

#### 4.5. Les fonctions des sols et la régulation du climat

**La qualité des sols agricoles** est un souci constant. Elle s'est fortement détériorée au cours du 20<sup>eme</sup> siècle. Les sols présentent aujourd'hui une qualité et donc des fonctions écosystémiques très réduites. Cette dégradation menace aujourd'hui la sécurité alimentaire et environnementale à toutes les échelles (Montanarella et al., 2016). L'une des principales dégradations est celle de la structure du sol, tassée, compactée par les machines et en raison du manque d'humus. Les recherches conduites à hepia abordent sous différents angles cette question cruciale. D'une part des indicateurs simples de l'état physique des sols ont été développés (Johannes, 2016; Johannes et al., 2017b) avec le soutien de l'OFEV (voir encadré projet STRUDEL). Mesurables sans coût, ni technique sophistiquée, ils peuvent être déterminés facilement



Figure 4. Adulte de *Phytoseiulus macropilis* prédateur de l'acarien Phytophage *Tetranychus urticae*

et sont précis. Ces travaux permettront d'inclure la protection physique des sols dans une nouvelle version de la législation de protection. En parallèle, la teneur en humus des sols et son impact sur leur qualité a été étudiée à l'échelle du territoire. Les résultats dégagés (Johannes et al., 2017a) montrent que le déficit en humus est de l'ordre de 50 à 70%, et que les recommandations formulées pour l'agriculture depuis 30 ans ont encouragé ce déficit. Cette nouvelle donne a des conséquences considérables pour nos systèmes agricoles et pour la question climatique.

**Le changement climatique** lié aux émissions de gaz à effet de serre atteint des seuils critiques qui demandent d'accélérer radicallement les prises de mesures. La COP21 (2015) en a pris acte et deux stratégies sont alors reconnues comme urgentes: réduire les émissions, et développer les «Negative Emission Technologies» (NET), c'est à dire séquestrer du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Le tout visant à limiter la hausse



Figure 5. Agriculture urbaine à Genève. Ferme de Budé.

des températures sous les 2°C, seuil jugé catastrophique pour l'humanité. La réduction des émissions est échec: elles sont restées en hausse depuis 2015. Les académies des sciences européennes ont de leur côté passé en revue la faisabilité des NET proposées par la COP21 (European Academies Science Advisory Council, 2018). Le constat est sans appel: aucune n'est en mesure d'avoir un effet significatif sur le réchauffement climatique, sauf, peut-être, l'augmentation de la teneur en humus des sols. Connue sous le nom d'initiative 4/1000 (<https://www.4p1000.org/>), cette NET évalue qu'en augmentant d'un facteur 1.004 chaque année la teneur en humus des sols à l'échelle mondiale, la barrière des 2°C serait contenue pendant plusieurs décennies. Cette possibilité est l'objet de controverses puissantes (Baveye et al., 2018; Minasny et al., 2018).

**Un éclairage nouveau** est porté sur cette question par nos résultats. En effet, appliquer pendant 30 ans le 4/1000 revient à augmenter de 13% (X1.13) la teneur en humus des sols. Or pour restaurer une qualité minimale des sols, nous montrons qu'il faut augmenter de 70% (X1.7) la teneur en humus, c'est à dire aller bien au-delà des objectifs du 4/1000. Et les essais en milieu agricole montrent que c'est possible sur des durées de l'ordre de 15 ans. Pour prendre l'exemple des terres arables genevoises, canton de surface agricole réduite, atteindre cet objectif minimal de qualité demande de séquestrer au moins 650.000 t de CO<sub>2</sub> sous forme d'humus. La tonne de

CO<sub>2</sub> vaut 30 € sur le marché du climat, ce qui valorise le service écosystémique que rendrait l'agriculture à 17.500.000 €, tout en améliorant la qualité des sols et donc les autres services tels que régulation des crues et soutien de la biodiversité par exemple. Réparti sur 15 ans et la surface du canton, cela correspond à un service de 170 € ha/an. En précurseur Genève a adopté son plan climat (22–12–2017) et a pris date pour ce défi. Tous les autres cantons sont concernés, or leurs surfaces agricoles sont généralement bien plus grandes. ■

### Projet STRUDEL (OFEV)

La loi sur la protection de l'environnement (LPE) et son ordonnance sur les atteintes portées au sol (OSOL) donnent les dispositions légales pour la préservation de la fertilité des sols Suisses. Si des valeurs seuil admissibles sont définies pour les polluants, permettant une protection quantitative effective, ce n'est pas le cas pour les atteintes physiques (tassemement par exemple). Ceci en raison des limitations rencontrées par la recherche pour définir des valeurs seuil reconnues, discriminantes et faciles à déterminer. L'OFEV a mandaté hepia pour résoudre ce problème. Le projet STRUDEL s'est déroulé de 2013 à 2016. Les valeurs seuils ont pu être définies, ainsi qu'une technique simple et économique pour les déterminer. La prochaine étape est désormais d'inclure ces possibilités dans une nouvelle mouture de l'OSOL.

Contact: [pascal.boivin@hesge.ch](mailto:pascal.boivin@hesge.ch)

### Références

Baveye, P.C., Berthelin, J., Tessier, D. & Lemaire, G. 2018. The "4 per 1000" initiative: A credibility issue for the soil science community? *Geoderma*, 309, 118–123.

Boivin, P., Saadé, M., Pfeiffer, H.R., Hammecker, C. & Degoumois, Y. 2008. Depuration of highway runoff water into grass-covered embankments. *Environmental technology*, 29, 709–720.

European Academies Science Advisory Council. 2018. Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?

Gillig, C.M., Bourgery, C., Amann, N., Chabbey, L. & Boivin, P. 2008. L'arbre en milieu urbain, conception et réalisation de plantations (CM Gillig, C Bourgery, and N Amann, Eds.). Infolio, Gollion, Suisse.

Johannes, A. 2016. Structural degradation of agricultural soils: assessment and setting threshold values for regulation. PhD thesis, ETHZ.

Johannes, A., Weisskopf, P., Schulin, R. & Boivin, P. 2017b. To what extent do physical measurements match with visual evaluation of soil structure? *Soil and Tillage Research*, 173, 24–32.

MEA, M.E.A., 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. In: Press, I. (Ed.), Washington, p. 155.

Minasny, B., Arrouays, D., McBratney, A.B., Angers, D.A., Chambers, A., Chaplot, V., Chen, Z.-S., Cheng, K., Das, B.S., Field, D.J., Gimona, A., Hedley, C., Hong, S.Y., Mandal, B., Malone, B.P., Marchant, B.P., Martin, M., McConkey, B.G., Mulder, V.L., O'Rourke, S., Richer-de-Forges, A.C., Odeh, I., Padarian, J., Paustian, K., Pan, G., Poggio, L., Savin, I., Stolbovoy, V., Stockmann, U., Sulaeman, Y., Tsui, C.-C., Vågen, T.-G., van Wesemael, B. & Winowiecki, L. 2018. Rejoinder to Comments on Minasny et al., 2017 Soil carbon 4 per mille *Geoderma* 292, 59–86. *Geoderma*, 309, 124–129.

Montanarella, L., Pennock, D.J., McKenzie, N., Badraoui, M., Chude, V., Baptista, I., Mamo, T., Yemefack, M., Singh Aulakh, M., Yagi, K., Young Hong, S., Vijarnsorn, P., Zhang, G.-L., Arrouays, D., Black, H., Krasilnikov, P., Sobocká, J., Alegre, J., Henriquez, C.R., de Lourdes Mendonça-Santos, M., Taboada, M., Espinosa-Victoria, D., AlShankiti, A., AlaviPanah, S.K., Elsheikh, E.A.E.M., Hempel, J., Camps Arbestain, M., Nachtergael, F. & Vargas, R. 2016. World's soils are under threat. *SOIL*, 2, 79–82.

Niemela, J., Saarela, S., Soderman, T., Kopperoinen, L., Yli-Pelkonen, V., Vare, S., Kotze, D., 2010. Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: a Finland case study. *Biodiversity and Conservation* 19, 3225–3243.

Pataki, D., Carreiro, M., Cherrier, J., Grukle, N., Jennings, V., Pinceti, S., Pouyat, R., Whitlow, T., Zipperer, W., 2011. Coupling biogeochemical cycles in urban environments: ecosystems services, green solutions, and misconceptions. *Frontier in Ecology and the Environment* 9, 27–36.

Power, A., 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365, 2959–2971.

Stellenausschreibung - Poste à pourvoir



## Professor of Solid State NMR Spectroscopy

The Department of Chemistry and Applied Biosciences ([www.chab.ethz.ch](http://www.chab.ethz.ch)) at ETH Zürich invites applications for the above-mentioned position. The professorship should have a research focus on NMR spectroscopy of the solid state with possible applications in either the life sciences or materials research. Candidates are expected to establish a research programme at the forefront of method development in their field. Collaboration with other groups at ETH in application work or method development is strongly encouraged and teaching in all areas of physical chemistry is expected. In general, at ETH Zurich undergraduate-level courses are taught in German or English and graduate level courses are taught in English.

Please apply online: [www.facultyaffairs.ethz.ch](http://www.facultyaffairs.ethz.ch)

Applications should include a curriculum vitae, a list of publications, a statement of future research and teaching interests, and a description of the three most important achievements. The letter of application should be addressed to the President of ETH Zurich, Prof. Dr. Lino Guzzella. The closing date for applications is 31 August 2018. ETH Zurich is an equal opportunity and family friendly employer and is responsive to the needs of dual career couples. We specifically encourage women to apply.