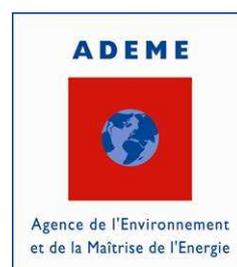


PROGRAMME



**GESSOL**  
Fonctions  
environnementales  
& gestion du  
patrimoine **sol**



## Actes du séminaire de suivi des projets GESSOL 3

*Tours - Villandry les 16,17 et 18 mai 2011*



© L. Felix

Suite aux Appels à Propositions de Recherche GESSOL 3, publiés en 2008 et 2009, 23 projets ont été financés par le MEDDTL (16 projets) et l'ADEME (7 projets). Le séminaire organisé à Tours les 16, 17 et 18 mai 2011, a réuni principalement les équipes des projets, les experts du Conseil Scientifique et les membres du Comité d'Orientation du programme.

**L'objectif premier** était de présenter les recherches en cours à l'ensemble des acteurs du programme. Il s'agissait, sur la base des présentations des projets, de favoriser le dialogue entre chercheurs des différentes disciplines s'intéressant à l'objet « sol » et utilisateurs potentiels des résultats des recherches.

**Le deuxième objectif** était de dégager des articulations et d'éventuelles synergies entre projets. Le séminaire, comme toutes les actions d'animation entreprises dans le cadre du programme, a ainsi contribué à structurer une communauté pluridisciplinaire de recherche sur les sols et à intensifier les échanges entre chercheurs, décideurs et gestionnaires de l'environnement.

Chaque session a été animée par un membre du Conseil Scientifique et un membre du Comité d'Orientation, ce dernier étant invité à préciser la demande sociétale et sa traduction en terme de besoins de connaissances.

Une ouverture a également été proposée par le biais d'une table-ronde sur la prise en compte des sols dans les stratégies d'aménagement urbain. Enfin, deux visites de terrains d'étude du projet CESAT piloté par Didier Boutet ont eu lieu, au Château de Villandry et à l'Arboretum de la Martinière.

L'équipe GESSOL remercie l'UMR CITERES, et en particulier l'équipe du projet CESAT, pour l'organisation du séminaire et la mairie de Tours, le Château de Villandry et l'Arboretum de la Martinière pour leur accueil.

**Les actes du séminaire sont organisés en 4 parties :**

- L'organisation et le programme des journées (p. 3 à 7)
- Le compte-rendu des discussions (p. 8 à 30)
- Les résumés complets des projets GESSOL (p. 31 à 71)
- L'annuaire des participants (p. 72 à 75)

# **PROGRAMME des JOURNEES**

## JOUR 1 - A la Mairie de Tours

### Ouverture

Allocution de *Nadia Hamoudi* – Adjointe aux espaces verts de la ville de Tours  
Allocution de *Corinne Larrue* – Directrice de l'UMR CITERES  
Allocution de *Claire Hubert* – Chef de service de la recherche du MEDDTL  
Introduction du séminaire par *Dominique King* – Président du Conseil Scientifique GESSOL

### Session 1 - Forces Agissantes Anthropiques - Demandes sociales

**NORMASOL** - Recherches sur la protection juridique des fonctions et services du sol par *Philippe Billet (coord.)* et *Maylis Desrousseaux*  
**JARDINS FAMILIAUX** - L'utilisation des sols urbains et périurbains pour le développement durable des villes par *Louiza Boukharaeva (coord.)* et *Marcel Marloie*  
**QUESACTES** – Questionnaire sociologique sur la perception que les agriculteurs et les conseillers agricoles ont des sols par *Claude Compagnone (coord.)*  
**ANTHROPOSOL** – Anthropologie du rapport au sol : regards transculturels par *François-Robert Zacot (coord.)*

### Session 2a - Pilotage des fonctions du sol - Développement d'indicateurs

**QUALISOL-ZU** - Préconisation d'utilisation des sols et qualité des sols en zone urbaine et périurbaine – application au bassin minier de Provence par *Samuel Robert (coord.)*, *Catherine Keller* et *Marie-Laure Lambert*  
**ANCRES** - Mise en place d'un indicateur intégratif pour la gestion du potentiel épurateur des sols soumis à l'infiltration en assainissement non collectif par *Olivier Fouché-Grobla (coord.)*  
**FAFF** – Formation et évolution d'un Anthroposol et évaluation de sa Fonction Filtration par *Thierry Winiarski (coord.)*

### Table-Ronde - Stratégies d'aménagement urbain – quelle place pour les sols ?

**CESAT** - Vers une gestion durable des sols-supports des espaces verts : maintien et développement des fonctions et services - Exemple de l'Agglomération Tourangelle par *Didier Boutet (coord.)*  
**Présentation de la stratégie du projet urbain portée par Tours autour du concept de ville verte** : *Céline Tanguay*, Ingénieur paysagiste à l'Agence d'urbanisme de Tours et *Christine Chasseguet*, responsable du service Parcs et Jardins de la ville de Tours  
**Discussion** : *Dominique King* (INRA), *Isabelle Feix* (ADEME), *Marc-André Philippe* (Université de Tours), *Didier Boutet* (Université de Tours), *Céline Tanguay* (Agence d'Urbanisme de l'Agglomération de Tours), *Christine Chasseguet* (Service Parcs et Jardins de la Ville de Tours)

## JOUR 2 – Au château de Villedry

Accueil et présentation du château de Villedry par *M. Carvalho*, propriétaire du château

### Session 2b - Pilotage des fonctions du sol - Approche par modélisation

**ACVSOL** - Intégration dans l'Analyse de Cycle de Vie d'un indicateur d'impact des activités agricoles sur la qualité des sols par *Michael Corson (coord.)* et *Emmanuel Garrigues*

**PROSTOCK** - Effets de l'apport de produits résiduels organiques sur le stockage de carbone, les émissions de gaz à effet de serre et la lixiviation du nitrate dans les sols agricoles périurbains par *Emmanuelle Vaudour (coord.)*

**SP3A** - Préservation des sols viticoles méditerranéens et amélioration de leurs fonctions de régulation des flux d'eau et de matières associées : outils de modélisation pour le choix de pratiques adaptées par *Patrick Andrieux (coord.)*

### Session 3 - Evaluation Environnementale - Matières Organiques et Biodiversité

**SPECBIO** - Indicateurs spectraux de qualité biologique des sols par *Bernard Barthès (coord.)*

**INCA** - Spectroscopie proche infrarouge *in-situ* pour la comptabilité carbone : Développement d'un spectromètre portable à bas coût et d'outils chimiométriques pour déterminer le stock de carbone du sol directement au champ par *Véronique Bellon-Maurel (coord.)* et *Alexia Gobrecht*

**APOGEE** - Les Archives Pédologiques, un Outil pour la GEstion des Ecosystèmes Nouvelles approches, limites temporelles et résolution écosystémique par *Dominique Schwartz (coord.)* et *Philippe Schaeffer*

**TRACES** - Les traits de la faune du sol pour relier les changements environnementaux aux fonctions du sol par *Florence Dubs (coord.)*

**GENOSOIL** - Approche métaGENOmique pour l'étude de la biodiversité totale du SOL - Application à l'évaluation des impacts anthropiques sur la biodiversité des sols des écosystèmes du Nord Ouest de la France par *Thibaud Décaëns (coord.)* et *David Porco*

**EBISOL** - Environnement, biopesticides et biotechnologie : quel rôle pour les sols ? par *Roger Frutos (coord.)*

### Session 4 - Evaluation Economique

**ECOSOL** - Les services écosystémiques des sols: analyse des régimes incitatifs sous-jacents par *Gilles Grolleau (coord.)* et *Antoine Beretti*

**ECOSOLHYDRO** - Intégrer la valeur épuratrice de sols hydromorphes dans leur usage - Quelles stratégies d'intervention sur les marchés fonciers ? par *Elsa Martin (coord.)*

**CAPSOL** - La gestion du capital sol par *Robert Lifran (coord.)*

### Session 5 - Réponses aux pressions

**COSAC** - Construction et circulation des connaissances sur les services écosystémiques des sols en agriculture de conservation par *Hélène Brives (coord.)* et *Christian Deverre*

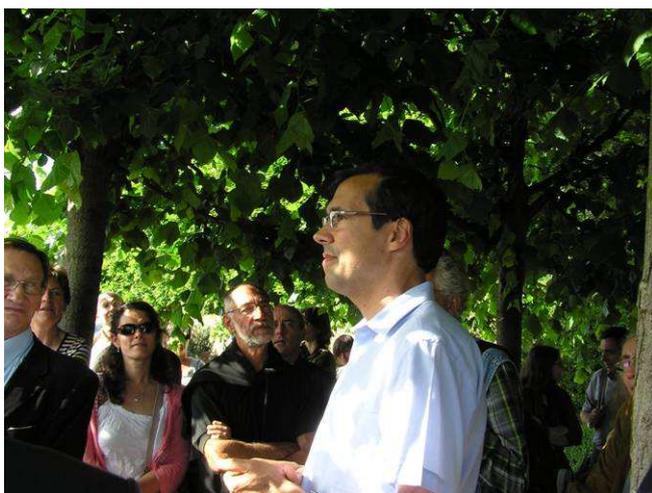
**VitiEcoBioSol** - Les sols de vigne vivants : comment gérer ce patrimoine à la base de la pérennité du vignoble de Champagne ? par *Daniel Cluzeau (coord.)*

**BIOTECHNOSOL** - Biodiversité et fonctionnement d'un Technosol construit utilisé dans la restauration de friches industrielles par *Jérôme Cortet (coord.)*

## Synthèse et Conclusion

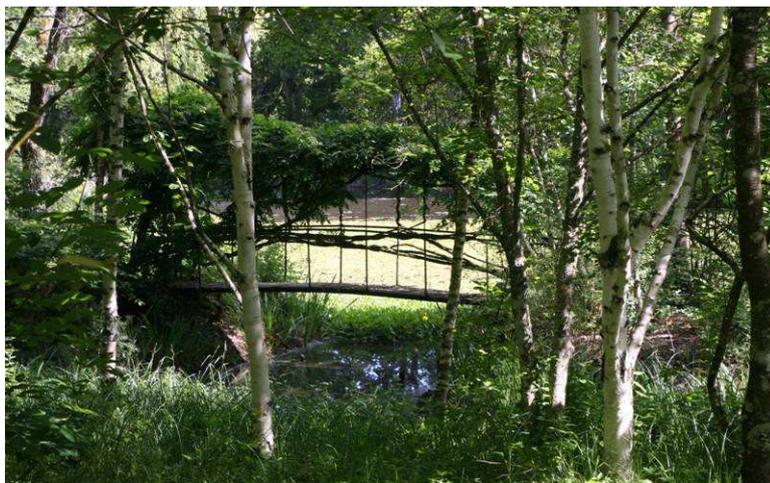
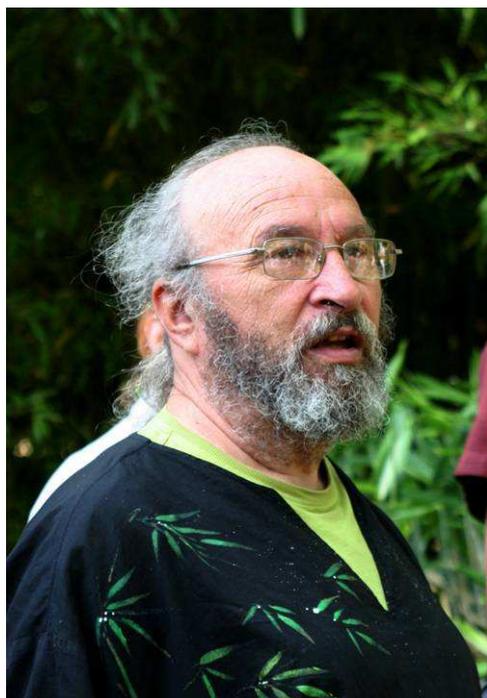
## JOUR 2 - La visite des jardins du château de Villandry

**Les jardins du château de Villandry** sont des jardins à la française ayant une fonction à la fois décorative et potagère. Cette visite a été l'occasion d'une présentation de la méthode de lutte biologique mise en œuvre par le propriétaire du château et le jardinier en chef. Ils sont appuyés dans cette action par le Centre Régional d'Innovation et de Transfert de Technologies INNOPHYT « Appui à la Protection Biologique et Intégrée (PBI), biopesticides, biodiversité fonctionnelle, développement de méthodes durables » (<http://www.critt-innophyt.asso.fr/>).



## JOUR 3 - La visite de l'Arboretum de la Martinière

**L'arboretum de la Martinière** est situé dans une ancienne carrière de la vallée de l'Indre. Cet espace vert est un parc botanique de quatre hectares consacré aux arbres et arbustes, dont une centaine de variétés de bambous. Son créateur, Michel Davo, diplômé de l'Ecole National Supérieur des Arts Décoratifs, en a fait un espace de création artistique. Cette visite a été l'occasion d'une présentation des actions artistiques menées par Michel Davo ainsi que des caractéristiques particulières des sols qui se sont reconstitués naturellement sur le site de l'ancienne carrière.



# **COMPTE-RENDU des DISCUSSIONS**

### Nadia Hamoudi - Adjointe aux parcs et jardins de la ville de Tours

En ouverture de ces journées, Nadia Hamoudi rappelle que les sols et leur protection sont un enjeu stratégique fort de l'aménagement urbain dans le contexte actuel d'urbanisation et de périurbanisation croissante. Le service « Parcs et Jardins » de la Ville de Tours fait évoluer ses pratiques afin de préserver les sols des espaces verts (mise en place de zone de fauches et de prairies fleuries, compostage, restitutions de matières organiques au sol, réduction de 63% de la consommation de produits phytosanitaires entre 2006 et 2010, économies d'eau potable, prise en compte du socle « agro-naturel » dans le nouveau Schéma de Cohérence Territoriale, ...). Nadia Hamoudi souligne l'importance des recherches menées dans le cadre du programme GESSOL, centrées sur la gestion durable des sols, notamment urbains, en appui « **d'une action publique éveillée et consciente** ».



**« A l'heure de la mise en place de la trame verte et bleue prônée par le Grenelle de l'Environnement, alors que le cadre de la loi relative à la Solidarité et au Renouveau Urbain (SRU) nous incite à re-densifier la ville et, dans un contexte où des préoccupations environnementales concentrent toute l'attention de nos concitoyens, une recherche consacrée aux sols d'espaces verts urbains m'apparaît nécessaire et même relever d'une clairvoyance et d'une pertinence propres à la communauté scientifique ».**

### Corinne Larrue – Directrice de l'UMR CITERES (Université de Tours / CNRS)

Corinne Larrue souligne l'intérêt pour l'UMR CITERES d'organiser ce séminaire GESSOL, dans la mesure où l'approche pluridisciplinaire est au cœur du travail de l'unité. Elle considère que l'objectif de ce séminaire de réunir « **les chercheurs (avec leur problématique de recherche) et les acteurs (avec leurs préoccupations opérationnelles)** » et de les faire dialoguer « **autour du sol comme patrimoine** » est une réelle « **gageure** ». Toutefois, elle nous rappelle que « **c'est en tissant des liens récurrents** » que l'on arrive à construire des problématiques communes.



**« Les présentations de ces journées seront de bonnes illustrations d'approches particulières pour considérer le sol à la fois dans ses différents aspects pluridisciplinaires et dans l'idée d'une gestion de type patrimoniale ».**

### Claire Hubert – Directrice du Service de la recherche (MEDDTL/CGDD/DRI)

Après avoir rappelé le rôle du Service de la recherche au ministère en charge de l'Ecologie comme interface entre recherche et politiques publiques, Claire Hubert évoque l'origine du programme GESSOL. Celui-ci a été mis en place afin de structurer une communauté de recherche autour de la question émergente de la gestion des sols et des services qu'ils rendent, produisant à la fois de nouveaux questionnements et les éléments scientifiques permettant de construire les politiques de demain.



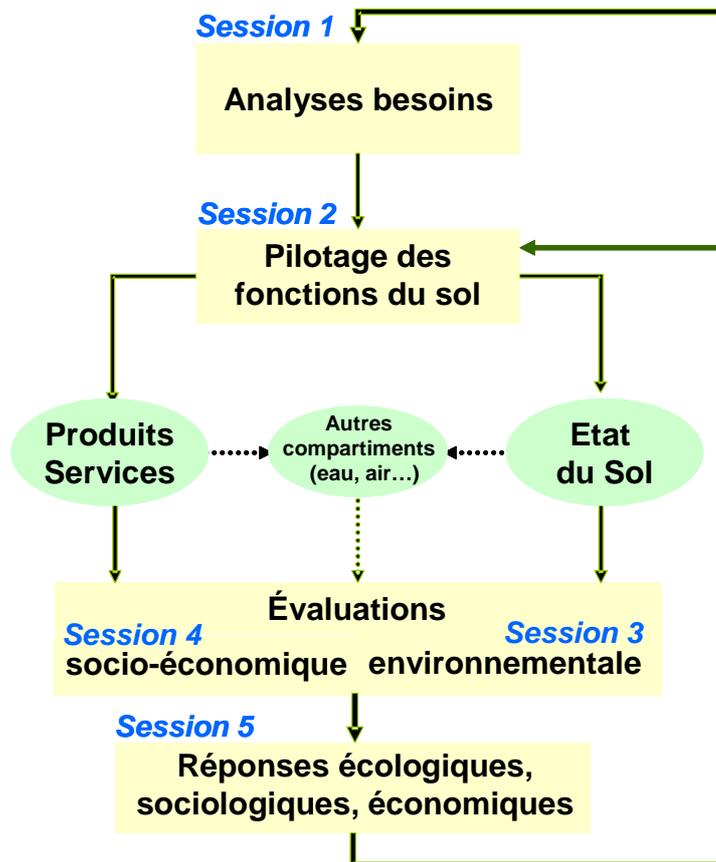
**« Ce qui émerge depuis dix ans des travaux GESSOL, c'est que le sol devrait être considéré comme un patrimoine. La gestion patrimoniale des sols est une idée émergente que vous allez creuser pendant deux jours et qui intéresse au premier chef le ministère. »**

**Dominique King – Président du Conseil Scientifique GESSOL et Président du Centre INRA d’Orléans**

Après avoir rappelé les objectifs généraux du séminaire, Dominique King évoque le constat à l’origine de la troisième phase du programme : le point d’arrêt mis au projet de Directive cadre sur les sols n’est pas lié à des manques d’avancées des sciences du sol mais aux difficultés à transférer ces connaissances vers des applications concrètes, notamment la législation. Ainsi, l’Appel à Proposition de Recherche GESSOL 3 associe les sciences humaines et sociales (économie, droit, sociologie, ethnologie, anthropologie) aux sciences du sol et incite à développer des approches holistiques du sol et de ses fonctions. Dominique King souligne l’importance de réfléchir à la mise en cohérence des résultats de l’ensemble des 23 projets qui ont été sélectionnés : « **23 projets assemblés, c’est plus que 23 projets !** ». Pour servir de colonne vertébrale à cette réflexion, il



présente un schéma conceptualisant une gestion durable et proactive sur les sols, au sein duquel chacun des projets peut être replacé et pourra apporter des éléments concrets. Ce schéma a déjà fait l’objet d’un travail entre les membres du comité scientifique et les porteurs de projet. Il a servi de base à l’élaboration des sessions du séminaire. Mais il reste évolutif !



Le schéma conceptuel GESSOL décrit en plusieurs étapes les relations entre l’analyse des besoins exprimés par les sociétés (session 1), les actions de pilotage des fonctions des sols (session 2) qui entraînent des modifications des milieux mais génèrent aussi des produits et des services répondant aux besoins. Ainsi, une évaluation environnementale (session 3) et une évaluation économique et sociologique (session 4) doivent être menées et croisées afin de proposer une éventuelle révision des besoins et des actions qui en découlent (session 5).

## Session 1 – Forces Agissantes Anthropiques : Demandes sociales

*Modérateurs : Claire Hubert (MEDDTL) et Véronique Souchère (INRA)*

**Les forces agissantes** correspondent d'une part aux facteurs environnementaux « naturels » interagissant avec le sol (ex : climat, végétation, faune) et d'autre part aux différentes composantes de la société qui utilisent les sols et/ou agissent sur les sols de façon directe ou indirecte. Le programme GESSOL privilégie le deuxième ensemble très peu étudié jusqu'à ce jour, sans néanmoins minimiser le rôle des facteurs environnementaux.

La typologie des acteurs intervenant sur les sols est très diversifiée. Elle comprend à la base des personnes agissant directement sur les sols (ex : pratiques agricoles, géotechnie des infrastructures, préservation de sites archéologiques). Mais, elle inclut également de nombreuses autres catégories d'acteurs comme les propriétaires de terrains, les gestionnaires de territoires ou d'espaces publics (ex : collectivités, parcs régionaux et nationaux) ; les bureaux d'études qui conseillent ; le législateur, le pouvoir réglementaire et les diverses autorités qui fixent la réglementation et la fiscalité ; les responsables administratifs qui suivent leur mise en œuvre ; les élus qui portent l'ensemble des préoccupations des uns et des autres, organisent les activités et gèrent, avec les juges, les conflits d'usages. Cette typologie est principalement construite selon une logique « métier » reliée à des échelles d'actions. On peut aller au-delà d'une telle typologie avec des forces agissantes qui incluent aussi courants de pensée et/ou pratiques sociales plus ou moins formalisées, plus ou moins conscientes de leur action sur le sol.

Dans un cadre théorique idéal, l'étude de ces forces agissantes nécessite de réaliser une analyse des besoins impliquant les sols et des contraintes au sens large (ex : physiques, réglementaires, sociales, économiques). Les recherches menées sur la perception des sols et des services qu'ils peuvent rendre à la société sont importantes à développer à ce niveau pour identifier les leviers qui permettront une meilleure prise de conscience de ce compartiment au sein de l'environnement.

Les projets présentés lors de cette session analysent et cherchent à formaliser la demande sociale vis-à-vis des sols selon trois approches.

- **Une approche juridique.** C'est le cas du projet **NORMA-SOL** qui développe l'analyse juridique d'un concept de « qualité des sols », qui pourrait servir de référent à la réglementation de sa protection. L'approche juridique est aussi portée par le projet **UQUALISOL-ZU**, présenté en session 2.
- **Une approche sociologique** développée dans les projets **JARDINS FAMILIAUX** et **QUESACTES** qui enquêtent sur les conceptions des sols, de leurs rôles et de leurs usages.
- **Une approche anthropologique** développée par le projet **ANTHROPOSOL** qui vise à mettre en évidence les mécanismes d'ordre culturel à l'œuvre dans le rapport de l'homme au sol.

## Les projets de la session :

**NORMA-SOL** - Recherches sur la protection juridique des fonctions et services du sol  
*Maylis Desrousseaux et Philippe Billet (coord.) – Institut du Droit de l'Environnement*

La prise en compte des fonctions environnementales du sol est quasiment absente de l'ordre juridique tandis que les services reconnus ne considèrent le sol que sur un aspect utilitaire. Il ressort un manque de cohérence du droit et une incapacité à répondre aux enjeux de protection des sols dont les seules règles en régissent l'exploitation. Ce projet développe l'analyse juridique d'un concept fédérateur, la « qualité des sols », à même de rendre compte des fonctions et services du sol.

Voir le résumé complet en p. 33

**JARDINS FAMILIAUX** - L'utilisation des sols urbains et périurbains pour le développement durable des villes.

*Louiza Boukharaeva (coord.) – Fondation Maison des sciences de l'homme et Marcel Marloie - INRA*

Ce projet porte sur l'étude des sols urbains et péri-urbains comme composante agraire de la ville et vise l'élaboration de propositions d'utilisation de ces sols, durables sur le plan social et environnemental. Le projet recense diverses formes d'utilisation des sols urbains et péri urbains, et leur impact sur les sols, et comporte des enquêtes sur les perceptions des sols et les manières de concevoir l'utilisation du jardinage urbain.

Voir le résumé complet en p. 35

**QUESACTES** - Questionnaire sociologique sur la perception que les agriculteurs et les conseillers techniques ont des sols.

*Claude Compagnone (coord) – AgroSup Dijon*

Ce projet consiste à faire émerger les perceptions des agriculteurs sur les sols et leur usage, et à appréhender la façon dont ces conceptions peuvent s'articuler à celles, plus savantes, d'experts agronomes ou de chercheurs en sciences du sol par une démarche d'enquête.

Voir le résumé complet en p. 37

**ANTHROPOSOL** - Anthropologie du rapport au sol : regards transculturels.

*François-Robert Zacot Billet (coord.) - ETHNOLOGOS*

Ce projet vise à mieux comprendre le rapport au sol avec l'éclairage original de l'anthropologie et le croisement de plusieurs terrains d'études (villages agricoles de Bretagne et du Lot, mineurs du bassin minier de Provence, tsiganes et nomades de la mer). Il s'agit ici de mettre en évidence que le rapport entre l'individu, la société, et le sol, au-delà de ses aspects techniques et fonctionnels, répond aussi à des mécanismes profonds d'ordres culturels, familiaux, régionaux ou symboliques.

Voir le résumé complet en p. 38

## D'autres projets en lien avec cette session :

**UQUALISOL-ZU** - Préconisation d'utilisation des sols et qualité des sols en zone urbaine et péri-urbaine - application du bassin minier de Provence

*Catherine Keller – Université Aix-Marseille 3, Marie-Laure Lambert – Université Aix-Marseille 3, Samuel Robert (coord.) – CNRS*

Ce projet à cheval entre la session 1 et la session 2 a parmi ses objectifs principaux d'évaluer quelle connaissance de la qualité des sols pourrait être utilisée par le planificateur et comment le droit permet d'intégrer cette connaissance de la qualité des sols dans le processus de planification de l'usage des sols.

Voir le résumé complet en p. 39

## Discussion :

### **« Peut-on envisager que les pouvoirs publics exigent des agriculteurs qu'ils soient redevables de la qualité des sols qu'ils exploitent ? »**

- Claude Compagnone souligne qu'il y a un besoin de mettre ici en perspective une définition juridique de la qualité d'un sol (ex : projet NORMA-SOL) et celle des agriculteurs (projet QUESACTES). *NB : Cette approche de mise en perspective du droit et des besoins des acteurs est menée par le projet UQUALISOL-ZU dans le cadre de la planification urbaine.*
- Dominique King imagine que les agriculteurs pourraient rendre compte de l'état du sol lors de la vente. Ils seraient par exemple propriétaires du sol mais locataires de ses fonctions à l'image des voitures qui sont soumises au contrôle technique.
- Elisabeth Vérame rappelle que les agriculteurs sont une des professions les plus encadrées par la législation par le biais des déclarations PAC qui intègrent des contraintes en terme de gestion du sol et du territoire.
- François Lefèvre signale que la définition de la qualité des sols devrait être à géométrie variable. Un sol pauvre peut être considéré comme bon s'il est riche en biodiversité « intéressante ».

### **Le terme « sol » est défini différemment dans les projets, soit sous sa définition pédologique ou agronomique, soit en tant qu'environnement global. « Comment s'entendre sur ce terme sans le disloquer en plusieurs sens différents ? » « Doit-on limiter ici son utilisation à sa définition écologique ? » « Faut-il séparer le terme « sol » du terme « espace » » ?**

- Pour Christian Feller, il ne faut pas restreindre le mot « sol » au sol du pédologue, car il existe plusieurs perceptions du sol dans la société : que ce soit le sol foncier, le sol agricole, le sol des ancêtres... Au final, quelle que soit sa perception du sol, la société va intervenir comme force agissante sur le sol des agronomes ou des pédologues. Ce que l'on peut demander dans l'association des sciences du sol et des sciences humaines et sociales, c'est que l'analyse d'impact se focalise elle bien sur le sol naturel que l'on exploite. Par exemple, la pratique du non-labour à Madagascar est une fonction associée à l'homme. C'est un rapport au sol dont on ne peut évacuer les dimensions temporelle, spatiale, historique et culturelle. Toutefois, on peut s'entendre pour envisager l'impact du mode de gestion sur l'objet « sol naturel ».

Claire Hubert conclut en soulignant que le sujet de la gestion des sols est « dangereux » pour les politiques car imbriqué dans une dimension culturelle, sociologique et sociale, qui fait référence à la diversité des gens et de leur rapport au sol. La considération de cette dimension, notamment grâce aux éléments fournis par ces projets, permettra d'anticiper un certain nombre d'écueils dans la mise en œuvre de politiques publiques.

## Session 2 – Pilotage des fonctions du sol : Indicateurs et modélisation

**Modérateurs : Cécile Delolme (ENTPE), Véronique Antoni (MEDDTL/SOeS), Martial Bernoux (IRD), Vincent Ferstler (MEDDTL)**

Dans le cas d'une démarche suffisamment explicitée, **l'objectif est de conduire des actions sur les sols afin de piloter leurs fonctions et répondre ainsi aux besoins exprimés**. Le terme « piloter » peut apparaître fort car il s'agit souvent d'un ajustement ou d'un simple contrôle d'un ou de quelques paramètres physiques, chimiques ou biologiques du sol afin d'orienter/infléchir l'une de ces fonctions. Par exemple, la préparation d'un lit de semence permet d'ajuster les propriétés physiques de la structure de surface afin de contrôler les fonctions de transfert d'eau et de chaleur à l'interface sol-atmosphère. On pourrait d'ailleurs revisiter toutes les fonctions du sol et examiner les moyens disponibles (ou à approfondir/inventer d'autres moyens) pour affiner le pilotage souhaité (ex : pour la séquestration du carbone organique, l'augmentation du pool de biodiversité, la décomposition de nouveaux polluants). **Le pilotage ne se limite pas aux actions de types physiques mais aussi aux actions de types juridiques, économique et sociologique (ex : mise en place de protection des captages, loi sur les risques d'érosion, protection des sols de montagne).**

Les projets présentés dans cette session développent des outils permettant d'éclairer les décisions des planificateurs et aux gestionnaires des sols. Les outils qui sont développés sont :

- **des indicateurs** associant l'état du sol à des fonctions spécifiques. Ainsi, les projets **UQUALISOL-ZU** et **CESAT** visent à développer des indicateurs intégratifs qui associent les caractéristiques biologiques et physico-chimiques d'un sol à sa capacité de réaliser un certain nombre de fonctions ou services. Le projet **ANCRES** propose de construire un indicateur permettant de décrire la double fonction rétention-épuration d'un sol soumis à l'assainissement non-collectif. Le projet **ACVSOL** a, quant à lui, pour objet la production d'indicateurs simples reliant pratiques agricoles et un certain nombre de dégradations des sols.
- **des modèles** permettant de quantifier l'impact de modes de gestion des sols sur ces mêmes fonctions. De tels modèles sont développés dans le projet **FAFF** concernant la gestion des bassins d'infiltration, le projet **PROSTOCK** concernant l'épandage de produits résiduels organiques à l'échelle de la petite région agricole et le projet **SP3A** concernant la régulation des eaux à l'échelle d'un bassin versant viticole.

Ces deux approches ne peuvent être totalement séparées car les modèles peuvent servir à la production d'indicateurs (ex : projets **ACVSOL** et **FAFF**).

## Projets de la session :

**UQUALISOL-ZU** - Préconisation d'utilisation des sols et qualité des sols en zone urbaine et péri-urbaine - application du bassin minier de Provence

*Catherine Keller – Université Aix-Marseille 3, Marie-Laure Lambert – Université Aix-Marseille 3, Samuel Robert (coord.) – CNRS*

Ce projet consiste à mettre en perspective le droit de l'urbanisme avec la connaissance scientifique de la qualité des sols. L'objectif est triple : évaluer comment le droit permet d'intégrer une connaissance de la qualité des sols dans le processus de planification de l'usage des sols (1), évaluer quelle connaissance de la qualité des sols peut être produite pour être utilisée par le planificateur (2), et produire une application dans le contexte périurbain du bassin minier de Provence, aux portes d'Aix-en-Provence et de Marseille (3).

Voir le résumé complet en p. 39

**ANCRES** - Mise en place d'un indicateur intégratif pour la gestion du potentiel épurateur des sols soumis à l'infiltration en assainissement non collectif.

*Olivier Fouché – Conservatoire National des Arts et Métiers*

Le sol est la principale destination des eaux usées en assainissement non collectif (ANC), qui concerne 13 millions de personnes. Ce projet a pour objet de vérifier si la fonction de transfert représentée par le couple de fonctions rétention – épuration par les sols en place dans une zone d'ANC permet de façon satisfaisante l'infiltration d'une eau usée traitée. Un indicateur intégratif décrivant le potentiel épurateur découlant de cette double fonction sera élaboré en collaboration avec les gestionnaires pour leur permettre d'évaluer le patrimoine « sol » soumis à l'usage ANC.

Voir le résumé complet en p. 41

**ACVSOL** - Intégration dans l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) d'un indicateur d'impact des activités agricoles sur la qualité des sols

*Emmanuelle Garrigues et Michael Corson (coord.) – INRA*

Ce projet vise à développer et mettre en application plusieurs indicateurs compatibles avec l'ACV permettant d'évaluer l'impact des activités agricoles sur la qualité des sols en terme d'érosion, de diminution des teneurs en matières organiques et de tassement. Ces indicateurs tiendront compte de l'ensemble des composantes du système de production, utilisant des références disponibles, et intégrant un nombre limité mais le plus complet possible de propriétés du sol pertinentes. D'autre part, des réflexions seront apportées pour l'agrégation des indicateurs en un indicateur unique de l'impact sur la qualité des sols.

Voir le résumé complet en p. 45

**FAFF** - Formation et évolution d'un Anthroisol et évaluation de sa Fonction Filtration

*Thierry Winiarski – Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat*

A partir d'un bassin d'infiltration d'eaux pluviales urbaines de la région lyonnaise, ce projet vise à étudier la fonction filtration de l'ouvrage et la conséquence de celle-ci sur la formation d'un anthroisol. Un modèle de formation d'un anthroisol ainsi que des indicateurs (chimiques, hydrologiques et/ou structuraux) permettant de qualifier et quantifier dans le temps et l'espace les performances de la fonction filtration seront transférés aux aménageurs et aux gestionnaires de ces ouvrages.

Voir le résumé complet en p. 43

**PROSTOCK** - Effets de l'apport de produits résiduaux organiques sur le stockage de carbone, les émissions de gaz à effet de serre et la lixiviation du nitrate dans les sols agricoles périurbains

*Emmanuelle Vaudour (coord.) – AgroParisTech*

L'objectif de ce projet est d'évaluer, à l'aide de la modélisation et à l'échelle de la petite région agricole, la possibilité d'accroître le stock de carbone des sols cultivés périurbains par le recyclage des produits résiduaux organiques et d'en évaluer les impacts potentiels sur les risques d'émission de gaz à effet de serre et de lixiviation du nitrate. Un prototype de serveur web sera mis en place pour les gestionnaires qui pourront trouver les cartes thématiques nécessaires aux décisions de politique publique ou de gestion agricole.

Voir le résumé complet en p. 47

**SP3A** - Préservation des sols viticoles méditerranéens et amélioration de leurs fonctions de régulation des flux d'eau et de matières associées : outils de modélisation pour le choix de pratiques adaptées

*Patrick Andrieux (coord.) – INRA*

Le maintien ou la restauration de la fonction du sol de régulation des flux d'eau et de pesticides sont des enjeux importants en région viticole méditerranéenne du fait des risques élevés de contamination des eaux. Ce projet vise à identifier, par la modélisation, des répartitions spatiales de pratiques permettant de préserver la fonction de régulation des flux d'eau et de matières à l'échelle des bassins versants, tout en étant techniquement et socialement acceptables.

Voir le résumé complet en p. 49

**CESAT** - Vers une gestion durable des sols-support des espaces verts : maintien et développement des fonctions et services - Exemple de l'Agglomération Tourangelle.

*Didier Boutet (coord.) – Université de Tours*

Ce projet cherche à interroger à l'échelle de l'agglomération de Tours les conditions d'une gestion durable des sols comme support des espaces verts urbains. Trois objectifs seront poursuivis au cours de la recherche: 1) développement d'une méthode d'analyse multicritère appropriée aux sols d'espaces verts, 2) construction d'indicateurs correspondant aux fonctions de ces sols et aux services qu'ils rendent, 3) élaboration de propositions quant aux modes de régulation à mettre en place à l'échelle d'une agglomération.

Voir le résumé complet en p. 44

#### **D'autres projets en lien avec cette session :**

**SPECBIO** - Indicateurs spectraux de qualité biologique des sols

*Bernard Barthès (coord.) – IRD*

Ce projet de la session 3 a pour objet de fournir des indicateurs de qualité biologique facilement appropriables et basés sur la spectrométrie infra-rouge.

Voir le résumé complet en p. 52

**APOGEE** - Les Archives Pédologiques, un Outil pour la GEstion des Ecosystèmes Nouvelles approches, limites temporelles et résolution écosystémique

*Patrick Schaeffer et Dominique Schwartz (coord.) – Université de Strasbourg*

Ce projet de la session 3 vise à développer l'utilisation des archives pédologiques (permettant de reconstituer l'historique des écosystèmes s'étant succédés sur un sol) en tant qu'outil de gestion des écosystèmes.

Voir le résumé complet en p. 55

**BIOTECHNOSOL** - Biodiversité et fonctionnement d'un Technosol construit utilisé dans la restauration de friches industrielles

*Jérôme Cortet (coord.) - INRA*

Ce projet de la session 5 apporte des éléments techniques pour la restauration de sols urbains.

Voir le résumé complet en p. 71

## Discussion :

**Il y a une dimension économique sous-jacente au pilotage des fonctions du sol via des indicateurs. Ne faudrait-il pas prévoir de mettre en relation les indicateurs de qualité des sols et la valeur économique du suivi de ces indicateurs afin de déterminer le niveau de service rendu qui peut être supporté par l'individu ou la collectivité ?**

- Pour Catherine Keller, il faut, pour sensibiliser urbanistes et élus, trouver une juste mesure entre la pertinence scientifique des paramètres étudiés et le coût qu'ils représentent.
- Christian Feller souligne que ces aspects sont au cœur de la réflexion « le sol, un capital ». Il y a deux aspects à la valeur économique d'un sol : sa valeur intrinsèque de départ et la possibilité de moduler sa valeur en fonction des services qu'il continue à rendre ou non. Il faut donc des indicateurs qui peuvent être suivis dans le temps. Un indicateur doit être informatif, peu onéreux et renseigner sur un nombre suffisamment restreint de fonctions pour être facilement interprétable.

**Les outils de modélisation sont très constructifs et pertinents mais d'usage complexe. Comment faire en sorte que les utilisateurs se les approprient ? Une bonne solution ne serait-elle pas la mise en place de réseaux d'utilisateurs, de réseaux de parcelles ?**

- Patrick Andrieux et Emmanuelle Vaudour signalent des démarches en cours à l'échelle du Languedoc-Roussillon concernant les pesticides et la mise en place d'un réseau national de sites expérimentaux au champ d'observation des effets du recyclage agricole des PRO (le SOERE PRO).

## Table-ronde – Stratégies d'aménagement urbain : quelle place pour les sols ?

**Animateurs :** *Dominique King (INRA), Isabelle Feix (ADEME), Marc-André Philippe (Université de Tours)*

**Intervenants :** *Didier Boutet (Université de Tours), Céline Tanguay (Agence d'Urbanisme de l'Agglomération de Tours), Christine Chasseguet (Service Parcs et Jardins de la Ville de Tours)*

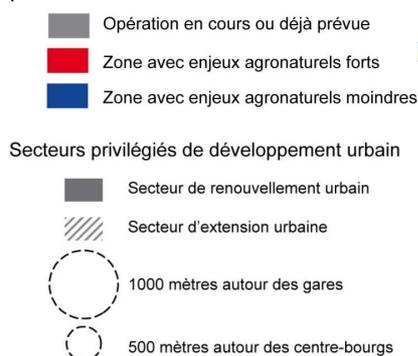


Cette table-ronde a été introduite par le [projet CESAT](#) (résumé complet en p. 44) inclus dans la session 2 (« Pilotage des fonctions du sol ») dans le cadre de ces actes. Cette première présentation a été suivie de la [présentation du SCOT et du PLU de l'agglomération et de la ville de Tours](#) par Céline Tanguay de l'Agence d'Urbanisme de l'Agglomération de Tours) et de la [présentation des attentes vis-à-vis de la recherche du Service Parcs et Jardins de la Ville de Tours](#) par Christine Chasseguet.

**Les ambitions du SCOT et du PLU de l'agglomération et de la ville de Tours (Céline Tanguay).** Au travers du SCOT de l'Agglomération de Tours, l'Agence d'Urbanisme considère que le sol est une ressource non renouvelable et vulnérable (pollution, érosion, imperméabilisation). Le SCOT reprend cette ambition dans 2 de ses 4 priorités : 1) la nature - valeur capitale, 2) l'économie du sol « socle agro-naturel », 3) la prise en compte du changement des pratiques de mobilité 4) le développement et l'emploi. Le projet est de densifier les centralités et d'économiser le socle agro-naturel (voir carte en page suivante).

## Synthèse

la majorité des zones d'extension  
**(habitat, mixte et ZA)**  
portent fortement atteinte  
à l'espace agronaturel  
(Zone nodale de la TVB,  
potentiel agronomique fort,  
et/ou forte consommation d'espace)



1

Les territoires à enjeux agronomiques et de biodiversité sont délimités selon plusieurs critères dont le potentiel agronomique basé sur les cartes pédologiques (qui restent cependant à résolution insuffisante). Sont aussi pris en compte la richesse en biodiversité « intéressante » (éléments de la trame verte et bleue), l'identité de certains terroirs et la cohésion du parcellaire. L'approche menée avec le SCOT est maintenant pratiquée pour les Plans Locaux d'Urbanisme. **« Tous les PLU qui se font doivent anticiper les ambitions du SCOT. »** Des publications, les cahiers du SCOT, expliquent aux responsables des collectivités la notion de socle agronaturel et, comment le prendre en compte et l'économiser dans les PLU.

**« On ne peut pas continuer de faire comme on a fait jusqu'à maintenant. On doit construire 41 000 logements pour 2030. Si on faisait comme avant, il faudrait 6000ha. On va essayer de penser un développement de la ville avec des centralités bien desservies. »**

**Les problématiques « sols » et attentes vis-à-vis de la recherche du Service Parcs et Jardins de la Ville de Tours (Christine Chasseguet)** Le service Parcs et Jardins de la Ville de Tours assure la gestion de nombreux espaces verts (dont des forêts), et a de nombreuses préoccupations liées au sol :

- La fatigue des sols des jardins anciens infestés de nématodes.
- La faible activité organique dans les sols des nouveaux jardins qui peut mettre une dizaine d'année avant d'être bonne.
- Les sols sportifs qui sont en ville une préoccupation de tous les jours : **« soit on se plaint des turricules de vers de terre, qui témoignent pourtant d'une bonne vitalité des sols, soit on se plaint de la compaction de sols tassés et sans herbe ».**

- Le maintien des teneurs organiques des sols de jardins (mulching) et en forêts (restitution des rémanents, ...).
- La mise en place de sols végétalisés, notamment pour le tramway, permettant de limiter la consommation d'eau pour l'arrosage.
- Les sols pollués et la mise en place de solutions concrètes et peu coûteuses de décontamination....

**« Des problématiques des sols, on en a des collections qui nécessiteraient presque un pédologue à l'agglomération »**

### Débat :

#### **Quelle typologie des espaces verts est utilisée par les planificateurs ?**

La seule typologie existante a été créée en 1995 par les ingénieurs des villes de France. Cette typologie reste très globale.

#### **Que faudrait-il prendre en compte dans cette typologie ?**

- L'histoire de l'usage des sols.
- Les diverses fonctions des espaces verts. Par exemple, maintenant les cimetières ont aussi une fonction de loisir. On y pique-nique !

#### **Les enjeux « Espaces Verts et Gaz à Effet de Serre » sont-ils connus et pris en compte au niveau de la Ville de Tours ?**

Christine Chasseguet signale que c'est une question qui arrive par le public, notamment en lien avec l'imperméabilisation et la création d'îlots de chaleur en été. Cela va être quantifié dans le cadre du « bilan carbone ». Néanmoins, la ville n'a pas les moyens techniques pour quantifier les émissions, en particulier pour les gaz à effet de serre autres que le CO<sub>2</sub>. C'est encore une question de recherche.

#### **Concernant les jardins familiaux, quelle est la stratégie mise en œuvre pour limiter l'usage de pesticides par les particuliers, généralement forts consommateurs ?**

Christine Chasseguet souligne la volonté de la ville de réduire l'usage des pesticides. Néanmoins, la population des jardiniers campe sur ses habitudes de peur que cela fasse « sale ». Cette notion de propreté divise les gens. Actuellement, environ 5% des jardiniers essayent de mener un jardinage où la biodiversité est présente. Christine Chasseguet considère que le changement de mentalité devrait prendre au moins un dizaine d'année.

Jérôme Cortet signale l'action « zéro pesticides » menée par la ville de Besançon pour ses jardins familiaux : « pour acquérir un jardin, il faut signer une charte où l'on s'engage à ne pas utiliser de produit phytosanitaire ».

#### **La qualité des sols urbains en France est très peu connue. Les rares études existantes montrent que ces sols sont en moyenne deux fois plus contaminés en Eléments Traces Métalliques (ETM) que les sols agricoles. Est-ce un enjeu alors que l'on veut avoir une production alimentaire sur ces sols ? Y'a-t-il des risques sanitaires ?**

Agnès Richaume signale des études menées à Lyon sur les jardins urbains qui montrent que leurs sols sont bien plus contaminés en oocystes de *taxoplasma* (à l'origine de la taxoplasmose) que les sols agricoles. Pour Dominique King, cela montre bien l'importance d'évaluer toute pratique ou politique sous ses différents aspects (sanitaires, environnementales, ...).

**« Dans le domaine du développement durable ou de l'écologie, il faut faire attention aux fausses bonnes idées qui peuvent avoir de conséquences dramatiques et affecteraient toute la communication menée auprès de la population. »**

## Session 3 – Evaluation environnementale : Matières Organiques et Biodiversité

**Modérateurs : Christian Walter (AgroCampus Ouest), Christian Feller (IRD, AFES), Agnès Richaume (Université de Lyon 1), Emmanuel Gachet (ANSES)**

**Les actions physiques, chimiques ou biologiques réalisées par l'homme sur le sol entraînent une modification de son état présent, en particulier de ses propriétés et de son fonctionnement.** Cette modification peut être perçue comme positive si elle facilite/améliore les services attendus des sols. Elle peut aussi être perçue comme négative si elle entraîne la dégradation d'autres fonctions du sol, voire la disparition de tout ou partie du sol lui-même pris comme matière. Les deux perceptions (positive ou négative) peuvent se côtoyer avec, par exemple, une gestion de la fertilité adaptée aux grandes cultures (correspondant à une vision positive de la fonction support des cultures et alimentation minérale) et accompagnée d'une diminution de la matière organique du sol (avec une perception négative pour la fonction stockage du carbone ainsi qu'une diminution de la fonction d'infiltration).

**L'évaluation environnementale d'une action sur les sols doit donc être réalisée dans un cadre large.** Il faut tout d'abord mesurer la perte des composants du sol et/ou la perte en masse totale. Il faut ensuite prendre en compte la multifonctionnalité des sols et vérifier que l'amélioration de l'une de ses fonctions n'est pas préjudiciable (parfois de façon irréversible) à une autre de ses fonctions. Il faut enfin vérifier les conséquences sur les autres compartiments de l'environnement.

Les projets présentés dans cette session développent des approches méthodologiques et des outils métrologiques permettant d'évaluer l'état biologique et/ou physico-chimique d'un sol. Parmi ces projets, peuvent être distingués les projets concernant l'étude :

- **des matières organiques du sol** à l'aide de la spectrométrie infra-rouge. Ainsi le projet **SPECBIO** s'intéresse à la mesure du potentiel de séquestration de carbone et à la vulnérabilité du stock de carbone des sols au réchauffement. Le projet **INCA** cible plus spécifiquement la quantification *in situ* des stocks de carbone du sol et le projet **APOGEE** propose une méthode pour reconstituer l'occupation passée des sols à partir de la connaissance des constituants des matières organiques et de leurs âges. A ces projets, peut être associé le projet **PROSTOCK** (session 2) dont un des objectifs est d'évaluer la faisabilité du suivi des variations de stocks de MO des sols cultivés par spectroradiométrie et télédétection visible proche infrarouge.
- **de la biodiversité du sol**. Les projets **TRACES** et **GENOSOIL-Fr** proposent de relier les communautés du sol à leur environnement. Le projet **TRACES** cherche en outre à identifier les rôles fonctionnels de différents groupes d'espèces de la faune du sol. Le projet **GENOSOIL-Fr** vise à développer une méthodologie innovante basée sur l'analyse de l'ADN extrait du sol qui permettra d'identifier voire de quantifier la biodiversité totale du sol (des communautés microbiennes à la macrofaune). Le projet **EBISOL**, quant à lui, compare le devenir de protéines insecticides issues d'OGM et de biopesticides, en cherchant à identifier le rôle des organismes du sol.

Enfin le projet **ACVSOL** (session 2) développe une méthode d'évaluation environnementale multicritère.

## Projets de la session :

### **SPECBIO** - Indicateurs spectraux de qualité biologique des sols

*Bernard Barthès (coord.) – IRD*

Ce projet a pour objet d'évaluer la capacité de la spectrométrie infrarouge (IR) à fournir des informations pertinentes sur la qualité biologique des sols en termes de séquestration de carbone, de vulnérabilité au réchauffement et au changement d'usage, et des composés qui la déterminent.

Voir le résumé complet en p. 52

### **INCA** - Spectroscopie proche infrarouge in-situ pour la comptabilité carbone : Développement d'un spectromètre portable à bas coût et d'outils chimiométriques pour déterminer le stock de carbone du sol directement au champ

*Alexia Gobrecht et Véronique Bellon-Maurel (coord.) – CEMAGREF*

Dans l'objectif de limiter le changement climatique dû à l'accroissement de la teneur en gaz à effet de serre de l'atmosphère, le protocole de Kyoto prévoit de mettre en place une bourse du carbone, permettant de rémunérer les actions de stockage du carbone. Une des principales voies de stockage est la séquestration dans le sol. Pour rémunérer ce service, deux types de contrats peuvent être mis en place (sur pratiques ou sur crédits effectifs), les plus efficaces étant ceux fondés sur les crédits effectivement générés. Ceci suppose que l'on sache mesurer le carbone séquestré de façon précise et peu coûteuse. L'objectif du projet est de développer un équipement et une méthode de mesure de la concentration volumique de C dans les sols, utilisant la spectrométrie proche infrarouge et directement applicable au champ.

Voir le résumé complet en p. 53

### **APOGEE** - Les Archives Pédologiques, un Outil pour la GEstion des Ecosystèmes Nouvelles approches, limites temporelles et résolution écosystémique

*Patrick Schaeffer et Dominique Schwartz (coord.) – Université de Strasbourg*

Les constituants des sols ont une « espérance de vie » très variable entre leur entrée dans le sol (par décomposition des matières organiques fraîches, altération de la roche mère) et leur sortie (par minéralisation des M.O., dissolution ou transformation des minéraux). Quand les constituants sont spécifiques de processus pédogénétiques, ou de contextes écologiques particuliers, ils forment de véritables archives naturelles révélant, sur une durée plus ou moins longue, la dynamique des milieux. De ce fait, ils sont un moyen d'approcher les changements qui ont affecté les écosystèmes et agrosystèmes sur des durées longues. Ce projet vise à franchir un palier significatif dans l'utilisation des archives pédologiques en tant qu'outil de gestion des écosystèmes. Il est fondé sur des approches nouvelles, destinées à identifier les différents écosystèmes qui se sont succédés dans le temps sur un même sol.

Voir le résumé complet en p. 55

### **TRACES** - Les traits de la faune du sol pour relier les changements environnementaux aux fonctions du sol

*Florence Dubs (coord.) - IRD*

La biodiversité est un facteur essentiel de la production de services écosystémiques et doit donc être nécessairement au cœur de toute approche portant sur l'évaluation des fonctions écologiques, car elle constitue un des éléments qui caractérisent et conditionnent leur réalisation. Le rôle central de ces organismes dans le fonctionnement du 'compartiment sol' des écosystèmes nécessite la compréhension à la fois des facteurs qui gouvernent leur distribution mais aussi de leur rôle fonctionnel propre. Ce projet vise à comprendre et à modéliser les règles d'assemblage des organismes du sol et propose de relier l'effet des filtres environnementaux sur un processus du sol (dynamique des matières organiques) aux traits d'effets de groupes d'espèce, qui pourront ainsi servir d'indicateur.

Voir le résumé complet en p. 57

**GENOSOIL-FR** - Approche métaGENOmique pour l'étude de la biodiversité totale du SOL - Application à l'évaluation des impacts anthropiques sur la biodiversité des sols des écosystèmes du Nord Ouest de la France

*David Porco et Thibaud Décaëns(coord.) – Université de Rouen*

Les niveaux mesurés d'érosion de la biodiversité prennent généralement en compte un nombre réduit de groupes taxonomiques emblématiques. Les organismes du sol n'ont été que très peu considérés dans ces études, alors qu'ils représentent près du quart des espèces connues de la planète et sont impliqués dans la mise à disposition de nombreux services environnementaux. Ce projet a pour objectif de lever ce verrou scientifique en développant une méthode de quantification de la biodiversité totale du sol (des microorganismes aux macroinvertébrés) basée sur l'analyse des fragments d'ADN extraits du sol, et de la mettre en oeuvre pour étudier l'impact des changements globaux sur l'érosion de la biodiversité endogée dans les environnements tempérés humides du nord-ouest de la France.

Voir le résumé complet en p. 59

**EBISOL** - Environnement, biopesticides et biotechnologie : quel rôle pour les sols ?

*Siobhan Staunton – INRA et Roger Frutos (coord.) – CIRAD*

Le projet a pour objet d'étudier et de comparer le devenir dans le sol des protéines insecticides issues de plantes transgéniques et de biopesticides utilisés en agriculture biologique. Pour que les résultats de l'étude soient correctement appropriés par les utilisateurs, les évaluateurs et les décideurs, des séries de séminaires de formation/information seront mis en place durant le projet.

Voir le résumé complet en p. 61

#### **D'autres projets en lien avec cette session :**

**PROSTOCK** - Effets de l'apport de produits résiduels organiques sur le stockage de carbone, les émissions de gaz à effet de serre et la lixiviation du nitrate dans les sols agricoles périurbains

*Emmanuelle Vaudour (coord.) – AgroParisTech*

Ce projet de la session 2 comporte un objectif méthodologique visant à évaluer la faisabilité du suivi des variations de stocks de MO des sols cultivés par spectroradiométrie et télédétection visible proche infrarouge (NIRS).

Voir le résumé complet en p. 47

**ACVSOL** - Intégration dans l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) d'un indicateur d'impact des activités agricoles sur la qualité des sols

*Emmanuelle Garrigues et Michael Corson (coord.) – INRA*

Ce projet de la session 2 vise à développer et mettre en application plusieurs indicateurs compatibles avec l'ACV permettant d'évaluer l'impact environnemental des activités agricoles sur la qualité des sols en termes d'érosion, de diminution des teneurs en matières organiques et de compaction.

Voir le résumé complet en p. 45

## Discussion :

**L'utilisation de la spectrométrie infra-rouge a pour objet de remplacer des mesures de référence par des mesures rapides et moins onéreuses. Face à l'hétérogénéité des sols et aux multiples paramètres interférant sur la mesure (ex : teneur en eau, teneur en argile), comment atteindre une précision suffisante ?**

Pour Bernard Barthès, le travail d'étalonnage des appareils doit porter sur des populations d'échantillons suffisamment homogènes. Par exemple, en France, il faut privilégier des échantillonnages à l'échelle du bassin agricole ou de la région géologique, plutôt qu'utiliser l'ensemble des échantillons du Réseau de Mesure de la Qualité des Sols. En ce qui concerne les interférences dues à l'eau, le signal « eau » peut être isolé car les longueurs d'onde correspondantes sont connues. Au final, Christian Walter souligne que le développement de ces méthodes nécessitera l'analyse d'un grand nombre d'échantillons.

**La faune du sol a une capacité de dispersion. Quelles sont les échelles spatiales et temporelles à considérer ? Quels sont les paramètres à prendre en compte pour comprendre cette dispersion ?**

On sait peu de choses sur les capacités de dispersion de la faune du sol. De nombreux paramètres sont à prendre en compte, notamment les phénomènes de dispersion passive dans l'air et dans l'eau, l'évolution des capacités de dispersion des organismes en fonction de leur stade physiologique et même l'action de l'homme (transfert de terre, ...). Pour David Porco, la génétique permettrait d'étudier la dispersion.

**L'activité des organismes du sol évolue dans le temps. Comment cela est-il pris en compte dans l'approche métagénomique (GENOSOIL-FR) ?**

David Porco répond que l'approche métagénomique se base sur l'extraction de l'ADN du sol et que des fragments de 50 paires de bases suffisent. Elle permet donc d'identifier des espèces qui ne sont plus actives et même qui ont disparu. *A priori*, il serait envisageable de réaliser un historique de présence des organismes (à l'image du projet APOGEE pour les matières organiques) en criblant les fragments d'ADN selon leur taille.

**Certains projets (TRACES, GENOSOIL-FR) étudient l'impact des changements d'usages des sols sur la biodiversité. Ne pourrait-on pas privilégier une approche où l'on identifierait un sol dont une fonction change et observer si des changements de biodiversité s'opèrent ?**

Pour David Porco et Florence Dubs, il est plus facile de discriminer des changements d'usage que des changements d'une seule fonction du sol.

## Session 4 – Evaluation Economique et Sociale

*Modérateurs : Claire Chenu (AgroParisTech) et Antonio Bispo (ADEME)*

**Si l'évaluation doit être physique, chimique, biologique et écologique en considérant de façon quantitative le potentiel des sols selon leurs caractéristiques et propriétés intrinsèques dans l'espace et le temps, elle doit également être économique, sociologique, juridique et politique en examinant comment et pourquoi ces fonctions sont considérées (ou non) par les différents acteurs.** Le croisement de ces deux types d'évaluations fournira les connaissances nécessaires pour caractériser les impacts liés aux actions sur les sols.

Cette évaluation a pour objet de quantifier le rapport entre les objectifs fixés par une action sur un sol et les résultats réels obtenus. Cette évaluation peut être déclinée en fonction des groupes d'acteurs considérés. Les produits et/ou services sont-ils ceux attendus initialement ? Il faut évidemment y ajouter les coûts financiers et en main d'œuvre, nécessaires pour vérifier si cette action est économiquement viable. Une seconde évaluation consiste à estimer les conséquences d'une telle action sur : (i) les autres types d'activités potentiellement concurrentes (ex : faut-il améliorer la réserve en eau des sols ou bien établir des retenues d'eau pour l'irrigation ?), (ii) sur les espaces environnants (ex : quelles sont les conséquences de la réhabilitation d'un site pollué sur la valeur du foncier des parcelles voisines ?), (iii) sur l'acceptabilité sociale d'une action irréversible (ex : la construction d'une route vs le maintien d'une zone de jardins ouvriers).

**Les projets ECOSOL, ECOSOLHYDRO et CAPSOL présentés dans cette session, étudient des possibilités et l'intérêt d'incitations économiques à la préservation des sols.** Ces projets sont en lien direct avec les efforts de monétarisation des services écosystémiques, ici rendus par les sols. Ainsi ces projets cherchent à identifier, en appui aux politiques publiques, des modalités d'action à moindre coût et les plus durables pour le maintien ou l'amélioration d'un ou plusieurs services rendus par les sols.

## Projets de la session :

**ECOSOL** - Les services écosystémiques des sols: analyse des régimes incitatifs sous-jacents

*Antoine Beretti et Gilles Grolleau (coord.) – SupAgro Montpellier*

Le sol est souvent le parent pauvre de l'analyse économique de l'environnement. Pourtant, il rend, souvent à l'insu des bénéficiaires mais également souvent à l'insu de fournisseurs involontaires, de nombreux services écosystémiques. La problématique principale de ce projet se rapporte aux modalités économiques concrètes susceptibles de maintenir, voire de renforcer la fourniture de ces services, et ce tout en préservant l'efficacité des fonds investis, c'est-à-dire l'obtention d'un résultat durable à moindre coût pour la société. Cette problématique s'intéresse également aux conditions de détérioration de ces services, notamment lorsque ces derniers se retrouvent au centre d'un conflit entre différents groupes d'intérêt. L'approche inclut une monétarisation des services écosystémiques.

Voir le résumé complet en p. 62

**ECOSOLHYDRO** - Intégrer la valeur épuratrice de sols hydromorphes dans leur usage - Quelles stratégies d'intervention sur les marchés fonciers ?

*Elsa Martin (coord.) – AgroSup Dijon*

Pour atteindre les objectifs fixés par la réglementation européenne en termes de qualité de l'eau, les gestionnaires locaux doivent agir activement au niveau de la source des pollutions et dégradations. Ce projet vise à établir et rendre opérationnel un cadre de décision pour la protection de la Fonction de Régulation de la Qualité de l'Eau et des Sols (FRQES) à l'échelle départementale ou du bassins versant. Du fait de l'existence de contraintes budgétaires, la préservation passera nécessairement par une hiérarchisation des zones à réglementer sur la base d'une comparaison entre les gains environnementaux et les coûts économiques. Le projet portera donc sur l'estimation de ces gains et coûts.

Voir le résumé complet en p. 64

**CAPSOL** – La gestion durable du capital sol

*Robert Lifran (coord.) - INRA*

Ce projet a pour objectif de définir un concept de capital sol, d'en développer un modèle de gestion optimale, d'identifier et de caractériser les externalités impliquées dans sa gestion sociale. Sur la base de cette analyse, un mécanisme incitatif adapté (bonus de diversification) à la gestion du capital sol à l'échelle des bassins versants ou des terroirs agricoles sera élaboré ; et son acceptabilité sociale ainsi que son efficacité seront testées *in situ*.

Voir le résumé complet en p. 66

## Discussion :

### **Les questions sur la valeur marchande des services rendus par les sols ne sont-elles pas limitées par l'absence de réponses juridiques relative à l'appropriation du sol et de ses fonctions environnementales ?**

Antonio Bispo souligne que l'évaluation économique permet aussi de hiérarchiser les services qui ne sont pas forcément compatibles et dont certains sont pris en compte par le marché (ex : production alimentaire et de biomasse) et d'autres non (ex : épuration de l'eau). Christian Feller rappelle le contexte historique lié à l'apparition de la notion de « capital naturel ». En effet au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, sont apparues de nouvelles contraintes liées à la dégradation des ressources naturelles, qui a un coût réel pour les sociétés. Ce coût existe dans les comptabilités nationales et il est nécessaire de l'intégrer à des échelles plus fines, en particulier à l'échelle de la mise en œuvre des actions qui participent à la dégradation et à l'aggradation de ces ressources. Dominique King signale l'exemple de la ville de New York qui a mis en œuvre une approche de gestion des eaux intégrant la réintroduction de sol et de toitures végétalisées en ville sur la base d'une comparaison des coûts avec une approche hydraulique plus classique.

## Session 5 – Réponses sociologiques, économiques et écologiques

*Modérateurs : Corinne Bitaud (MAAPRAT/DGER), Luc Thiébaud (AgroSup Dijon)*

Tout comme les évaluations écologiques, sociologiques et économiques qui doivent être menées de façon conjointe, les réponses (ou retours) auprès des forces agissantes doivent se faire de façon coordonnée et cohérente. Les retours auprès des acteurs qui composent les « forces agissantes », devront prendre en compte leur diversité, leur capacité et effectivité d'actions ainsi que les échelles d'espace et de temps associées à leur niveau de décision. Cette analyse est complexe mais fondamentale pour que les solutions proposées trouvent toute leur pertinence.

Deux des projets présentés ci-dessous ont pour objet **d'analyser le transfert des connaissances scientifiques et des innovations entre praticiens et chercheurs**. Ainsi, le projet **COSAC**, s'intéresse à la construction et à la circulation des connaissances sur les services écosystémiques des sols en agriculture de conservation. Le projet **VitiEcoBiosol** réfléchit à l'intégration de la problématique « préservation des sols » dans les actions et les intentions des viticulteurs de la région champenoise, ceci en collaboration directe avec l'interprofession. Enfin, le projet **BIOTECHNOSOL étudie le fonctionnement biologique d'un technosol dont l'utilisation dans la restauration des sols urbains** permettrait d'ouvrir une nouvelle voie à la filière « déchets » et éviterait l'utilisation de terres agricoles pour restaurer les sites dégradés.

## Projets de la session :

**COSAC** - Construction et circulation des connaissances sur les services écosystémiques des sols en agriculture de conservation

*Christian Deverre et Helene Brives (coord.) – AgroParisTech*

Ce projet a pour objet de conduire une analyse des processus de production de connaissances en agriculture de conservation. L'agriculture de conservation est un champ où l'usage et la valorisation de processus écologiques sont pensés, mis à l'épreuve et rencontrent des difficultés pour les praticiens comme pour les chercheurs. Ce projet contribuera à la définition d'indicateurs de performance acceptables par les praticiens et les chercheurs, et permettra de comprendre les possibilités de circulation des connaissances.

Voir le résumé complet en p. 68

**VitiEcoBioSol** - Les sols de vigne vivants : comment gérer ce patrimoine à la base de la pérennité du vignoble de Champagne ?

*Daniel Cluzeau (coord.) – Université de Rennes I*

Dans les vignobles, il est vital de maintenir voire d'améliorer la qualité des sols à travers le choix de pratiques appropriées. Cela passe par l'implication active de tous les acteurs concernés. Ce projet abordera les questions de savoir quelles sont les évolutions passées, et actuelles des pratiques agro-viticoles en région Champenoise qui contribuent au mieux à la préservation des sols et de leur biodiversité, et comment réfléchir, à l'échelle d'une interprofession et d'une AOC, la place occupée par la préservation des sols et de la biodiversité dans les actions et les intentions des vignerons.

Voir le résumé complet en p. 70

**BIOTECHNOSOL** - Biodiversité et fonctionnement d'un Technosol construit utilisé dans la restauration de friches industrielles

*Jérôme Cortet (coord.) - INRA*

Les Technosols, majoritairement constitués de matériaux d'origine anthropique sont en forte expansion du fait de l'artificialisation croissante des sols. Ce projet contribuera à la modélisation des stades précoces de la pédogénèse des Technosols construits à partir de déchets (sous produits papetiers et terres industrielles traitées, composts de déchets verts) et porte sur la capacité de ce Technosol à assurer le développement d'un couvert végétal. Ce Technosol permettrait d'ouvrir une nouvelle voie à la filière « déchets » et éviterait l'utilisation de terres agricoles pour restaurer les sites dégradés.

Voir le résumé complet en p. 71

## D'autres projets en lien avec cette session :

**QUESACTES** - Questionnaire sociologique sur la perception que les agriculteurs et les conseillers techniques ont des sols.

*Claude Compagnone (coord) – AgroSup Dijon*

Ce projet de la session 1 a parmi ses objectifs de révéler des points d'ancrages communs entre conceptions de praticiens et conceptions savantes pour réfléchir aux glissements envisageables d'éléments d'une conception vers une autre. Ainsi, il aidera à articuler les connaissances scientifiques dans la constitution d'un conseil agricole.

Voir le résumé complet en p. 37

**JARDINS FAMILIAUX** - L'utilisation des sols urbains et périurbains pour le développement durable des villes.

*Louiza Boukharaeva (coord.) et Marcel Marloie – Fondation Maison des sciences de l'homme*

Ce projet de la session 1 évalue la possibilité d'institutionnaliser la composante agraire de la ville au même titre que l'agriculture rurale ou l'industrie touristique.

Voir le résumé complet en p. 35

## Discussion :

### **Comment favoriser la valorisation opérationnelle de la recherche et le transfert des connaissances ? Quel doit y être le rôle des chercheurs, qui ne sont pas évalués sur l'activité de transfert ?**

Christian Deverre souligne que les transferts d'innovation peuvent se faire sans appui scientifique et les liens peuvent mettre du temps à se mettre en place (par exemple, comme ce fut le cas de l'agriculture biologique qui refusait le scientifique, il y a dix ans et qui a maintenant son propre institut technique). Ce qu'il faut, c'est comprendre la manière dont les gens forment et formalisent leurs connaissances. Pour Daniel Cluzeau et Dominique King, les actions des chercheurs vers les agriculteurs devraient néanmoins se développer (ex : observatoire participatif des vers de terre), bien que ces actions de transferts ne soient pas valorisées dans le parcours professionnel en particulier en début de carrière : les interactions sont de plus en plus fortes entre praticiens et chercheurs et les appels à proposition de recherche (ex : 8<sup>ème</sup> programme cadre de la Commission européenne) vont obliger le monde scientifique à se rapprocher du monde professionnel. Elisabeth Vérame considère que cela devrait aussi faire émerger le métier de coordonnateur de projet.

# Résumés des projets

<b>Norma-sol - Recherches sur la protection juridique des fonctions et services du sol</b>	<b>33</b>
<b>JARDINS FAMILIAUX - L'utilisation des sols urbains et périurbains pour le développement durable des villes</b>	<b>35</b>
<b>QUESACTES - Questionnaire sociologique sur la perception que les agriculteurs et les conseillers techniques ont des sols</b>	<b>37</b>
<b>ANTHROPOSOL - Anthropologie du rapport au sol</b>	<b>38</b>
<b>UQUALISOL-ZU - Préconisation d'utilisation des sols et qualité des sols en zone urbaine et péri-urbaine - application du bassin minier de Provence</b>	<b>39</b>
<b>ANCRES - Mise en place d'un indicateur intégratif pour la gestion du potentiel épurateur des sols soumis à l'infiltration en assainissement non collectif</b>	<b>41</b>
<b>FAFF – Formation et évolution d'un Anthroposol et évaluation de sa Fonction de Filtration</b>	<b>413</b>
<b>CESAT - Vers une gestion durable des sols-support des espaces verts : maintien et développement des fonctions et services - Exemple de l'Agglomération Tourangelle.</b>	<b>44</b>
<b>ACVSOL - Intégration dans l'Analyse de Cycle de Vie d'un indicateur d'impact des activités agricoles sur la qualité des sols</b>	<b>45</b>
<b>PROSTOCK - Effets de l'apport de produits résiduels organiques sur le stockage de carbone, les émissions de gaz à effet de serre et la lixiviation du nitrate dans les sols agricoles périurbains</b>	<b>47</b>
<b>SP3A - Préservation des sols viticoles méditerranéens et amélioration de leurs fonctions de régulation des flux d'eau et de matières associées : outils de modélisation pour le choix de pratiques adaptées</b>	<b>49</b>
<b>SPECBIO - Indicateurs spectraux de qualité biologique des sols</b>	<b>52</b>
<b>INCA - Spectroscopie proche infrarouge in-situ pour la comptabilité carbone : Développement d'un spectromètre portable à bas coût et d'outils chimométriques pour déterminer le stock de carbone du sol directement au champ</b>	<b>53</b>
<b>APOGEE - Les Archives Pédologiques, un Outil pour la GEstion des Ecosystèmes Nouvelles approches, limites temporelles et résolution écosystémique</b>	<b>55</b>
<b>TRACES - Les traits de la faune du sol pour relier les changements environnementaux aux fonctions du sol</b>	<b>57</b>
<b>GENOSOIL - Approche métaGENOmique pour l'étude de la biodiversité totale du SOL - Application à l'évaluation des impacts anthropiques sur la biodiversité des sols des écosystèmes du Nord Ouest de la France</b>	<b>59</b>
<b>EBISOL - Environnement, biopesticides et biotechnologie : quel rôle pour les sols ?</b>	<b>61</b>
<b>ECOSOL - Les services écosystémiques des sols: analyse des régimes incitatifs sous-jacents</b>	<b>62</b>
<b>ECOSOLHYDRO - Intégrer la valeur épuratrice de sols hydromorphes dans leur usage - Quelles stratégies d'intervention sur les marchés fonciers ?</b>	<b>64</b>
<b>CAPSOL - La gestion sociale du capital sol</b>	<b>66</b>
<b>COSAC - Construction et circulation des connaissances sur les services écosystémiques des sols en agriculture de conservation</b>	<b>68</b>
<b>VitiEcoBioSol - Les sols de vigne vivants : comment gérer ce patrimoine à la base de la pérennité du vignoble de Champagne ?</b>	<b>70</b>
<b>BIOTECHNOSOL - Biodiversité et fonctionnement d'un Technosol construit utilisé dans la restauration de friches industrielles</b>	<b>71</b>

## Norma-sol - Recherches sur la protection juridique des fonctions et services du sol

**Coordinateur** : Philippe Billet – Institut du Droit de l'Environnement - Univ. Jean-Moulin – Lyon 3

**Début du projet** : 2010

**Durée du projet** : 3 ans

### Résumé :

La perspective de cette recherche est juridique et se développe autour d'un concept fédérateur, la « qualité des sols », à même de rendre compte des fonctions et services du sol. Un tel statut n'ayant pas été formalisé pour le sol, il conviendra dans un premier temps de s'interroger sur l'intérêt d'un tel concept, qui permettrait principalement de définir un référent (pour la protection matérielle et physicobiologico- chimique, pour la détermination de la responsabilité en cas d'atteinte, pénale comme civile, pour la mise à disposition dans le cadre d'un bail rural, pour la décontamination des sols, pour la détermination des atteintes à la santé publique permettant de limiter les droits des propriétaires et autres usagers, de s'interroger sur une patrimonialisation de la qualité : chose appropriée liée à la propriété du sol ou chose commune [qui n'appartient à personne mais dont l'usage est commun à tous], distincte de la propriété du sol, dont le propriétaire du sol n'aurait que la jouissance, à charge d'en conserver la qualité. Et, enfin, de définir le support d'une évaluation d'une valeur économique). La qualité est cependant difficile à saisir, en raison de la variabilité des critères liées à ce qui est recherché, du contexte dans lequel cela s'inscrit, avec parfois des antagonismes. Bien que devenue un concept clé dans certains domaines comme la construction ou la production industrielle (labellisation HQE), il n'y a jamais véritablement eu de recherche sur la notion de qualité en droit en général, et en droit de l'environnement en particulier. Si les chercheurs en agroalimentaire se sont penchés sur la question, c'est plus souvent en termes sanitaires et consuméristes qu'en termes juridiques, se contentant le plus souvent de renvoyer au régime classique du label obtenu sur la base de la satisfaction des critères d'un cahier des charges. Les interrogations juridiques ne manquent pas cependant : qu'est ce que la qualité en droit par rapport à des approches tierces d'autres disciplines ? Qui définit formellement la qualité (scientifiques, administration, public, consensus...) ? Sur quelles bases (critères) ? Comment est formalisée juridiquement la qualité (cahier des charges, simple objectif, quelle valeur juridique...) ? Quelles modalités juridiques ? Quelles fonctionnalités de la qualité : incidences du critère de la qualité sur la gestion et la protection (protection renforcée, équilibres avec d'autres éléments...) ; Quelles utilisations de la qualité (zonage d'urbanisme, commercialisation, labellisation...) ? Quelles responsabilités en cas d'atteinte au sol : l'exigence de qualité renchérit-elle la responsabilité ou est-elle au contraire neutre ?

De quelle qualité parle-t-on également, qui ne peut être réductible à la qualité agronomique mais aussi à celle des fonctions du sol et des services écosystémiques (notions distinctes bien que mal définies par le droit. (eg de service écosystémique à développer : l'épandage des effluents sur les terres agricoles et donc le rôle d'élimination des déchets par les sols agricoles, la qualité des sols agricoles et le climat). Au vu des méconnaissances scientifiques, quels objectifs « qualité » seraient à retenir ? (Ce qui suppose au préalable d'identifier les services écosystémiques et les fonctions du sol).

Enfin, si la qualité du sol repose sur sa participation à la biodiversité, son appropriation n'est pas forcément apte à intégrer la nécessaire protection de l'environnement et des écosystèmes. Il semble que cette protection via l'appropriation ne prenne pas en compte les conflits d'usage dont on prend conscience actuellement avec la dégradation du fonctionnement de l'écosystème planétaire et la pollution spécifique des sols. La qualification de *res communis* attribuée aux écosystèmes sera envisagée de manière privilégiée. De plus, en raison des conflits d'usage, en cas de pollution des sols, il faudra poser les questions suivantes : qui est responsable ? le propriétaire, l'exploitant locataire, l'agriculteur, le

producteur du produit générateur de pollution ?, un partage de responsabilité est-il envisageable ? qui peut demander réparation, le propriétaire du sol, ou l'utilisateur ? Selon quelles modalités s'opérera la réparation : retour à la qualité initiale, compensation ? Selon quelles voies ? La recherche s'appuiera sur les compétences de l'équipe scientifique dans des domaines spécialisés du droit en général et du droit de l'environnement en particulier (droit international, communautaire, interne, droit privé/droit public, droit rural). Elle reposera sur une étroite association d'autres disciplines intéressées par le sol dans le cadre de séminaires communs afin de confronter les études et hypothèses des juristes avec les autres sciences (biologistes, agronomes, pédologues, hydrogéologues, géographes, sociologues, géographes, philosophes, urbanistes, économistes et association de protection de l'environnement). Elle reposera également sur des rencontres avec les institutions qui oeuvrent pour la protection du sol (Commission européenne, Conseil de l'Europe).

**Mots-clés :**

Qualité des sols ; fonctions et services du sol ; définition juridique ; droit de l'environnement

## JARDINS FAMILIAUX - L'utilisation des sols urbains et périurbains pour le développement durable des villes

**Coordinateur :** Louiza BOUKHARAEVA - Fondation Maison des Sciences de l'Homme

**Début du projet :** 2009

**Durée du projet :** 2 ans

### Résumé :

Le projet porte sur l'élaboration de propositions d'utilisation des sols urbains et périurbains qui soient plus durables sur le plan social et environnemental que les pratiques actuellement dominantes en France, en particulier le modèle pavillonnaire.

Les sols sont analysés en tant que fondement de la composante agraire de la ville. Nous proposons ce concept pour désigner le complexe des activités des urbains sur les sols, dont les buts sont multiples : économiques, sociaux, culturels. Les enquêtes sont conduites en Russie, en France et au Brésil. En France, le projet recense les diverses formes d'utilisation des sols urbains et péri urbains et comporte des enquêtes sur les nouvelles manières de concevoir l'utilisation du jardinage urbain : jardins familiaux, jardins d'insertion, partagés, thérapeutiques, pédagogiques. Les expériences étrangères apportent des références peu connues en France : nouvelles politiques dites d'agriculture urbaine mises en œuvre par de nombreuses villes et par l'actuel gouvernement au Brésil ; jardinage urbain à grande échelle dans les parcelles individuelles des jardins collectifs en Russie. Des références seront faites à l'invention de nouveaux sites de jardins collectifs dans certains pays de l'Union européenne. Les premiers résultats résultent de la phase de recherches conduites en Russie et de l'analyse comparative avec la situation française.

Le jardinage urbain à grande échelle de Russie n'est pas une survivance du passé rural, ni un épiphénomène de la période soviétique. Profondément enraciné, c'est essentiellement le résultat d'une conquête sociale depuis la seconde guerre mondiale, conquête du droit au sol et à la seconde habitation. Le mouvement s'est poursuivi après la fin de l'Union soviétique, et les formes de jardinage se recomposent actuellement. Cette expérience concerne à plusieurs titres la réflexion actuelle en France :

- **la dimension** : entre la moitié et les deux tiers des urbains accèdent à une parcelle de 300 à 1500 m<sup>2</sup> dans le périmètre des villes, en zone périurbaine ou à des distances plus éloignées, soit environ 24, 4 millions de parcelles ;
- **la multifonctionnalité** : du fait de son caractère massif, cette activité est un tampon régulateur des crises, (les 2,3 millions d'hectares de sols jardiniers ne représentent que 0,5 à 0,6% des terres exploitées) mais ont fourni dans la crise de la décennie 1990 autour du quart de la valeur de la production alimentaire de Russie) ; en période plus stable, la fonction alimentaire régresse et les fonctions de villégiature prennent plus d'importance ; la conquête du droit à construire une maisonnette où il est possible de dormir accroît les fonctions de villégiature : repos et loisirs, santé sur le plan physique, psychologique, émotionnel, convivialité, éducation des enfants ; l'ensemble de ces fonctions a un effet socio compensateur, socio régulateur et psychologique qui accroît la résilience des personnes et des familles ;
- **la représentation culturelle des sols et les pratiques de mise en valeur** : elles sont marquées par l'histoire récente de leur conquête et de l'obtention du droit de propriété, par l'attachement aux fonctions qu'ils remplissent, par la persistance et la réappropriation de pratiques « écologiques » anciennes qui avaient été abandonnées dans l'agriculture moderne et maintenant dans les jardins ; par l'héritage scientifique de Vassili Dokoutchaiev et de ses successeurs ;
- **les cadres juridiques et les régimes de mise en valeur** : la privatisation conduit à la généralisation du droit de propriété des familles urbaines sur leurs parcelles de jardins ;

- **la gouvernance et la participation sociale** : la gouvernance évolue du paternalisme à l'auto prise en charge ; les 80 000 collectifs de jardiniers deviennent des acteurs qui se structurent du niveau local au niveau fédéral ;
- **les indicateurs statistiques** : la nomenclature statistique comporte une rubrique spécifique permettant de recenser cette activité (surfaces, production, nombre de parcelles par catégories).

Ces résultats fondent les propositions pour la France :

- institutionnaliser cette composante agraire de la ville, en tant que secteur distinct d'activité, au même titre que l'agriculture rurale ou l'industrie touristique ;
- examiner les possibilités de réaffecter des sols agricoles au jardinage urbain ;
- inventer un nouveau type de sites jardiniers combinant toutes les fonctions des sols, y compris la fonction de villégiature, qui avait fondé l'attrait pour le modèle pavillonnaire.

La poursuite des investigations, notamment dans les enquêtes au Brésil, contribuera à avancer dans la construction de ces propositions.

**Mots-clés :**

Sols urbains et périurbains ; composante agraire de la ville ; jardins urbains

# **QUESACTES - Questionnaire sociologique sur la perception que les agriculteurs et les conseillers techniques ont des sols**

**Coordinateur :** Claude COMPAGNONE – UMR LISTO - AgroSup Dijon

**Début du projet :** 2009

**Durée du projet :** 2 ans

## **Résumé :**

Le projet consiste à faire émerger les conceptions des agriculteurs sur les sols et leur usage, et à appréhender la façon dont ces conceptions peuvent s'articuler à celles, plus savantes, d'experts agronomes ou de chercheurs en sciences du sol. Après avoir fait apparaître en quoi les sols ne sont pas, à proprement parler, les mêmes entités pour les scientifiques du sol, les agronomes et les agriculteurs, cette démarche d'enquête vise à révéler des points d'ancrages communs entre conceptions de praticiens et conceptions savantes pour réfléchir aux glissements envisageables d'éléments d'une conception vers une autre, aux formes possibles d'appropriations réciproques, aux types d'informations à mettre à la disposition des uns et des autres.

Pour ce faire, le projet s'appuie sur la mise en place d'un dispositif original constitué de deux phases. La première a pour objectif de favoriser la construction de points de vue collectifs propres à des groupes d'agriculteurs et la confrontation de ces points de vue avec celui d'un groupe d'agronomes. Elle vise à : 1) permettre à trois groupes d'agriculteurs de nature différente de Vendée (en agriculture conventionnelle, en agriculture bio, en agriculture de conservation) de spécifier, en salle, leur point de vue sur les sols et leurs usages ; 2) recueillir, toujours en salle, les conceptions sur cette question des sols, et des pratiques des agriculteurs sur et avec ces sols, d'un groupe d'agronomes travaillant sur la même zone que ces derniers ; 3) placer chacun de ces groupes (agriculteurs et agronomes) en situation concrète de jugement de la nature des sols et de leurs usages sur un parcours de parcelles prédéfini pour, d'une part, faire le lien entre des référents concrets et les mots employés en salle pour les décrire et, d'autre part, repérer les « manières de faire », propres à chacun de ces groupes (agriculteurs et agronomes), développées afin de pouvoir caractériser les sols de ces parcelles; 4) susciter une interaction entre le groupe d'agronomes et chacun des groupes d'agriculteurs pris un à un, suite à ce parcours de parcelles, sur la question des sols, pour identifier les points qui font débats dans les caractérisations de ces sols.

La deuxième phase, plus classique, consistera à mener des enquêtes qualitatives et quantitatives pour : i) valider et préciser les points recueillis lors des rencontres en groupe ; ii) apprécier le poids de types de conceptions des sols à une échelle plus large.

De manière générale, ces enquêtes permettront, au-delà de l'identification des conceptions des agriculteurs, de repérer les dynamiques de changements en cours autour des pratiques culturelles et de cerner les ressources sur lesquelles les agriculteurs s'appuient dans ces dynamiques. Une attention particulière sera portée aux sources d'information des agriculteurs, aux dialogues entretenus entre eux, aux types d'organisation qu'ils mettent en place (essais, rencontres,...), aux appuis techniques fournis par l'encadrement technique.

## **Mots-clés :**

Conceptions des agriculteurs sur les sols et leur usage ; sociologie ; construction de points de vue collectifs

## **ANTHROPOSOL - Anthropologie du rapport au sol**

**Coordinateur :** François-Robert ZACOT - Ethnologos

**Début du projet :** 2009

**Durée du projet :** 2 ans

### **Résumé :**

Notre recherche privilégie les études ethnologiques de terrain. Elle montre que le rapport entre l'individu, la société, et le sol, au-delà de ses aspects techniques et fonctionnels répond aussi à des mécanismes profonds d'ordres culturels, familiaux, régionaux ou symboliques. L'observation des comportements des individus et des groupes sur une longue période sera essentielle. Pourquoi ? D'abord parce que, jusque là, la connaissance du rapport au sol d'une société s'est souvent appuyée sur des approches prenant en compte soit les déclaratifs soit une partie de leurs comportements. On constate que le cadre conceptuel des domaines par exemple juridique, économique ou psychologique, est remis en question dès lors que le sol est envisagé sous toutes ses dimensions. Méthodologiquement nous insistons sur l'approche plus globalisante, ou anthropologique, pour qui les relations au sol appartiennent à des systèmes internes et intimes aux sociétés, aux cultures, ou réfèrent parfois à plusieurs univers, à des conflits induits, et auxquelles aucune réponse n'est donnée de façon immédiate. Nous nous attachons à comprendre les attentes et les besoins réels des individus par une attention donnée aux croisements des registres du déclaratif, de la représentation, du vécu, des actions, du collectif, du particulier ainsi que les enjeux concrets liés aux questions concernant : l'activité humaine, la production alimentaire, les pratiques agricoles, la dégradation. Notre but est d'apporter des éléments pertinents pour aider les décisions des pouvoirs publiques.

Le programme de travail porte sur 3 axes. D'abord des études sur le terrain dans 2 villages en France (observations sur plusieurs mois) analysent le cadre de vie, la pratique sociale, l'habitat, les pratiques culturelles et économiques liées au sol. Ensuite l'analyse des pratiques et des modèles culturels différents et décalés, liés au sol, éclairent et relativisent les résultats des terrains français et les réflexions (les Tziganes, les populations maritimes asiatiques, les mineurs de fond). Enfin un troisième axe porte sur le croisement et la mise en perspective des résultats des deux premiers axes. Il s'agit de repenser les concepts généralement admis, d'accueillir des réflexions, des conceptions et des regards nouveaux. Notre recherche a la volonté d'être dirigée sur l'opérationnel. Elle a pour finalité d'apporter des recommandations ainsi qu'un outil de sensibilisation et de dialogue pour les décideurs et les acteurs des régions concernées.

Les résultats seront présentés selon 4 thèmes principaux :

- LES RELATIONS ENTRE UNE SOCIÉTÉ ET LE SOL : ACCEPTATION OU REJET DES QUALITÉS DU SOL PAR LE GROUPE
- SUR QUOI EST FONDÉE UNE RELATION (ÉQUILIBRÉE) AU SOL ?
- LA TRANSFORMATION DU SOL ET SES IMPLICATIONS POUR LE RAPPORT AU SOL ET L'IDENTITÉ
- LA QUALITÉ DU SOL ET LA TRANSMISSION DU SAVOIR

### **Mots-clés :**

Ethnologie ; Anthropologie ; rapport au sol ; milieu agricole ; nomades ; mineurs ; outil de sensibilisation et de dialogue pour les décideurs et les acteurs des régions concernées.

# UQUALISOL-ZU - Préconisation d'utilisation des sols et qualité des sols en zone urbaine et péri-urbaine - application du bassin minier de Provence

**Coordinateur :** Samuel ROBERT – CEREGE - CNRS Aix

**Début du projet :** 2009

**Durée du projet :** 2 ans

## **Résumé :**

Le rôle tenu par les sols dans le développement économique et social des territoires est, dans la plus grande partie du monde, tout à fait majeur. Cette fonction de support des activités humaines repose sur le fait que le sol est d'abord un substrat, une surface sur laquelle se déploient et s'organisent les sociétés (sol-espace). Elle repose aussi et surtout sur la qualité des sols, qui permettent à certaines activités, en premier l'agriculture, de prospérer (sol-épaisseur). Cependant, les sols remplissent des fonctions qui ne servent pas directement la société, mais qui sont à l'évidence tout à fait essentielles, comme par exemple la conservation d'une partie de la biodiversité. Les différentes dimensions des sols font qu'ils sont une composante fragile et indispensable des anthroposystèmes, tout particulièrement dans les zones urbaine et périurbaine, où la pression exercée sur les sols est intense. Dans ces espaces, la gestion et la conservation de cette ressource apparaissent comme un enjeu de premier ordre du fait de l'étalement urbain, des contaminations diverses liées aux activités urbaines, et des friches créées par l'évolution des villes. Ceci pose par conséquent la question de la planification des usages des sols, c'est-à-dire des préconisations en matière d'occupation et d'usage possible dans les documents d'urbanisme, et de la prise en compte de la qualité des sols dans l'élaboration de ces préconisations.

Le projet UQUALISOL-ZU consiste à mettre en perspective le droit de l'urbanisme avec la connaissance scientifique de la qualité des sols. L'objectif est triple : évaluer comment le droit permet d'intégrer une connaissance de la qualité des sols dans le processus de planification de l'usage des sols (1), évaluer quelle connaissance de la qualité des sols peut être produite pour être utilisée par le planificateur (2), et produire une application dans le contexte périurbain du bassin minier de Provence, aux portes d'Aix-en-Provence et de Marseille (3).

A mi-parcours, le projet a avancé sur les 2 premiers volets :

Dans un premier temps, deux bases de données à référence spatiale ont été constituées sur Gardanne et Rousset, dans le cadre d'un SIG afin de compiler l'ensemble des données à disposition et données produites (cartes d'occupation des sols à différentes échelles) sur les deux communes. Les enjeux de gestion et de conservation des sols dans la zone d'étude ont été identifiés en concertation avec les acteurs concernés par la problématique. D'autre part, une analyse bibliographique des différentes méthodes de construction d'indices de qualité des sols a servi de base pour le développement d'un indice adapté à notre problématique à savoir la référence à différents usages des sols pertinents à l'échelle communale. Afin d'appréhender l'évolution des sols artificialisés, une typologie de ces sols a été réalisée à l'aide d'outils statistiques, sur les échantillons déjà prélevés. Cette analyse exploratoire préliminaire a permis d'identifier les paramètres du sol les plus pertinents pour la construction de l'indice. Parallèlement, des travaux ont été engagés pour appréhender les états de surface de la zone d'étude et produire une information spatialisée de ces derniers.

Parallèlement, l'analyse du droit européen et français en matière de protection des sols a été réalisée, en prenant en compte d'une part, la stratégie européenne et la proposition de directive sur les sols et, d'autre part, en identifiant les textes disséminés dans le droit français rendant compte ponctuellement de la protection des sols dans les domaines suivants : régime de la réhabilitation des sols pollués, droit et politiques agricoles, droit forestier, droit de l'urbanisme et droit de la construction. L'analyse des documents

d'urbanisme en vigueur ou en cours d'élaboration dans les deux communes a été réalisée. L'analyse générale et théorique des possibilités d'intégration des données sur la qualité des sols dans les documents d'urbanisme a été menée, par rapport aux objectifs généraux des documents d'urbanisme en vigueur ou en cours de révision.

La synthèse des travaux comprendra l'analyse du degré d'adéquation actuel des usages des sols à la qualité des sols dans les deux communes. Il s'agira également d'engager une réflexion sur les partis d'aménagement et de planification tels qu'ils résultent des documents d'urbanisme récemment modifiés, en rapport avec la connaissance produite dans cette étude sur la qualité des sols. A la suite de ce travail, des préconisations d'amélioration des outils juridiques seront rédigées, en vue de permettre une meilleure prise en compte d'une information sur la qualité des sols dans les règlements.

**Mots-clés :**

Conservation des sols ; Aménagement urbain ; qualité des sols ; Bassin minier de Provence ; indicateur de qualité des sols ; Plan Locaux d'Urbanisme (PLU)

## **ANCRES - Mise en place d'un indicateur intégratif pour la gestion du potentiel épurateur des sols soumis à l'infiltration en assainissement non collectif**

**Coordinateur :** Olivier Fouché – Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM)

**Début du projet :** 2010

**Durée du projet :** 3 ans

### **Résumé :**

A petite échelle, le sol est l'interface qui assure les échanges entre l'atmosphère et le milieu souterrain et ses ressources, dont les nappes d'eau. Ici, on travaillera à très grande échelle, celle de la parcelle, et on entendra sous le terme « sol » l'ensemble des strates pédologiques et/ou géologiques en place, non saturées pendant tout ou partie de l'année hydrologique. Le sol pris en ce sens agit sur le plan quantitatif et qualitatif : il conditionne la recharge des nappes et leur aération via sa fonction de transfert, et il les protège des pollutions issues des activités humaines en surface via sa fonction de rétention-épuration. Parmi ces pollutions, il en est une qui est aussi ancienne que la société humaine : les eaux usées et les déchets organiques qu'elles charrient. Pour mettre de côté les sollicitations extrêmes, on se focalisera sur des eaux usées traitées avant évacuation dans le sol. Le rôle protecteur du sol à cet égard étant essentiel, cela suffit à en faire lui-même une ressource à gérer. L'assainissement non collectif (ANC) à l'échelle de l'habitat inclut un ensemble de techniques dont certaines sont innovantes, qui jusqu'à présent ont été considérées comme suffisantes pour abattre la part de polluants que le sol ne saurait retenir et/ou dégrader à lui seul. Cette hypothèse relative au sol est en général non vérifiable par manque de suivi en phase d'utilisation mais aussi d'études techniques préalables pertinentes. Elle est d'ailleurs peu abordée par la littérature : vraie pour la plupart des éléments majeurs, elle est encore inexplorée pour les polluants plus complexes, en particulier les polluants émergents. Aux polluants traditionnels caractéristiques de la vie domestique comme azote, phosphore et carbone, ou encore les pathogènes, s'ajoute en effet une nouvelle génération de substances qui témoignent d'une part de la modernisation des techniques d'analyse et d'autre part de l'évolution des produits de nettoyage, d'hygiène corporelle et de santé au sein des ménages : les surfactants, les biocides, les médicaments. Nous voulons vérifier si la fonction de transfert représentée par le couple de fonctions rétention – épuration par les sols en place dans une zone d'ANC permet de façon satisfaisante l'infiltration d'une eau usée traitée. On élaborera un indicateur intégratif décrivant le potentiel épurateur découlant de cette double fonction pour permettre aux gestionnaires d'évaluer le patrimoine « sols » soumis à l'usage ANC. Une réflexion sur le changement d'échelle sera conduite pour étendre la méthodologie à des eaux traitées dans le cadre des aires d'infiltration des stations d'épuration (STEP) et des zones de dissipation végétalisées (ZDV). Il est proposé d'aborder cette question en recueillant des données sur la texture, la physico-chimie et l'enzymologie du sol au moyen de mesures de paramètres du sol *in situ* et au laboratoire, et en procédant à une caractérisation sociotechnique (usages et perception du sol et de ses fonctions par les acteurs de l'ANC). Un ensemble de paramètres constituera un indice. L'élaboration de chaque indice se fera avec le gestionnaire et permettra de ne retenir pour la phase finale que les plus révélateurs de la batterie des paramètres mesurés. Les indices seront intégrés dans un indicateur pour l'aide à la décision dans le cadre de l'élaboration et de la mise en oeuvre des politiques environnementales. La spatialisation de la menace associée à l'ANC et la stratégie d'échantillonnage préconisée pour l'évaluer (délivrable du projet) feront l'objet d'un essai de SIG à l'échelle du territoire d'un SPANC.

### **Mots-clés :**

Zone non saturées ; assainissement non collectif (ANC) à l'échelle de l'habitat ; fonctions de rétention – épuration par les sols ; l'infiltration d'une eau usée traitée ;

indicateur intégratif du potentiel épurateur ; aires d'infiltration des stations d'épuration (STEP)  
; zones de dissipation végétalisées (ZDV)

## **FAFF - Formation et évolution d'un Anthroposol et évaluation de sa Fonction Filtration**

**Coordinateur** : Thierry Winiarski – L.S.E - Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE)

**Début du projet** : 2010

**Durée du projet** : 3 ans

### **Résumé :**

A partir de l'étude d'un bassin d'infiltration d'eaux pluviales urbaines de la région lyonnaise nous souhaitons étudier sa fonction filtration et la conséquence de celle-ci sur la formation d'un anthroposol. En effet, ce type d'ouvrage constitue un modèle grandeur nature où les processus de pédogénèse sont favorisés et accélérés par concentration des flux d'eau et de sédiments urbains. L'anthroposol se forme alors par migration sous forme particulaire ou dissoute, de matière organique, de polluants, de solutés issus d'une couche de sédiment formée à la surface du sol excavé à travers un milieu poreux naturel en place souvent constitué d'alluvions. Les trois principaux compartiments seront étudiés : le filtrat (dynamique de l'eau), le filtre (la formation alluvionnaire) et le résidu (les sédiments urbains). L'eau sera considérée comme vecteur principal de transport, son cheminement sera influencé par la distribution des hétérogénéités des premiers mètres de la zone non saturée. Un site est particulièrement étudié (site OTHU équipé depuis une dizaine d'années), une caractérisation de sédiments urbains provenant d'une vingtaine d'autres sites (industriel, tertiaire, résidentiel) et situés sur la même formation géologique est proposée afin de généraliser nos résultats. Dans ce contexte, nous souhaitons étudier la fonction filtration de cet anthroposol définie comme une fonction de régulation, d'échange et de filtre, en considérant les trois composants suivants : hydrologique, chimiques (métaux lourds et matière organique) et particulaires (minérales et organiques). Nous pourrions ainsi proposer un modèle de formation d'un anthroposol qui permettra de transférer aux aménageurs et aux gestionnaires les connaissances acquises au cours de ce projet. En effet, la valorisation proposée sera fortement orientée vers la rédaction de méthodologies et la définition de préconisations opérationnelles afin de définir de nouveaux critères de conception des aménagements urbains intégrant les caractéristiques du sol (distribution des hétérogénéités structurales et hydrodynamiques, nature géochimique du sol, teneur en matière organique). Nous souhaitons proposer des indicateurs (chimiques, hydrologiques et/ou structuraux) permettant de qualifier et quantifier dans le temps et l'espace les performances de la fonction filtration. Il sera permis alors d'envisager une meilleure gestion de la capacité épuratrice des sols.

### **Mots-clés :**

Bassin d'infiltration ; filtration des polluants; Grand Lyon ; anthroposol ; modélisation ; OTHU ; indicateurs

## **CESAT - Vers une gestion durable des sols-support des espaces verts : maintien et développement des fonctions et services - Exemple de l'Agglomération Tourangelle.**

**Coordinateur :** Didier Boutet – UMR CITERES - Université de Tours

**Début du projet :** 2010

**Durée du projet :** 3 ans

### **Résumé :**

En partant d'une approche en termes de services rendus à la société par les sols, ce projet cherchera à interroger à l'échelle de l'agglomération de Tours les conditions d'une gestion durable des sols comme support des espaces verts urbains.

Le territoire de l'agglomération tourangelle permet une généralisation à d'autres espaces urbains du fait de ces caractéristiques représentatives d'une agglomération moyenne française. Dans une préoccupation de généralité, trois objectifs de la recherche seront poursuivis :

- Développement d'une méthode d'analyse multicritères appropriée aux sols supports des parcs et jardins des zones urbaines.
- Etablissement d'une grille d'indicateurs correspondant aux fonctions des sols urbains et services qu'ils rendent à la société de manière directe ou indirecte.
- S'appuyant sur les procédures et dispositions en vigueur, des propositions seront faites quant aux modes de régulation à mettre en place dans un but de gestion durable à l'échelle d'une agglomération.

Dans un premier temps (Tâche 1), le projet de recherche a l'ambition, à l'échelle de l'agglomération de Tours (périmètre du SCoT), de caractériser l'ensemble des espaces verts au regard :

- Des fonctions des sols urbains : caractérisation à la fois pédologique, écologique, foncière et sociodémographique. Une recherche exploratoire permettra d'évaluer et caractériser ces fonctions,
- Des services rendus à la société pouvant a priori se décliner aussi bien en termes de prévention des risques d'inondations, de gestion urbaine de l'eau, que de protection du patrimoine naturel, de réhabilitation d'un paysage urbain, cadre de vie voire de prévention en matière de santé.

Une typologie sera réalisée à partir des résultats de cette première analyse qui débouchera sur la sélection de sites représentatifs (environ 5 sites) pour lesquels un travail d'analyse plus approfondi sera réalisé (Tâche 2) portant particulièrement sur le paysage, la biodiversité, les représentations et pratiques.

Les deux premières étapes alimenteront le travail de définition de méthode d'analyse et d'indicateurs et d'analyse de la gestion des sols dans les espaces verts d'un point de vue réglementaire et institutionnels (Tâche 3). Ce dernier travail consistera en la montée en généralité des analyses réalisées sur l'agglomération tourangelle.

### **Mots-clés :**

Services écosystémiques du sol; Agglomération de Tours; gestion des sols ; espaces verts urbains ; Indicateurs; fonctions des sols

## **ACVSOL - Intégration dans l'Analyse de Cycle de Vie d'un indicateur d'impact des activités agricoles sur la qualité des sols**

**Coordinateur :** Michael CORSON – UMR SAS – INRA Rennes

**Début du projet :** 2009

**Durée du projet :** 2 ans

### **Résumé :**

L'augmentation continue de la population mondiale amène à une demande croissante pour des produits agricoles, qui entraîne des préoccupations sur les impacts environnementaux de l'agriculture. L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est une méthode estimant la grandeur de ces impacts dans plusieurs catégories (e.g., le changement climatique, l'acidification). Cependant, puisque l'ACV agrège chaque impact dans l'espace et dans le temps, elle est peu capable d'estimer des impacts étroitement liés aux caractéristiques des milieux, par exemple ceux sur la qualité du sol.

Le projet ACV-SOL vise à développer et mettre en application un ou plusieurs indicateur(s) compatible avec l'ACV permettant d'évaluer l'impact des activités agricoles sur la qualité des sols, i.e. tenant compte de l'ensemble des composantes du système de production, utilisant des références disponibles, et intégrant un nombre limité mais le plus complet possible de propriétés du sol pertinentes. Les objectifs sont de (1) choisir les caractéristiques représentant des sites agricoles (sol, climat et pratiques culturales) à partir des impacts choisis qui définissent le Minimum Data Set (MDS) ; (2) définir des algorithmes pour estimer la grandeur des impacts environnementaux sur les sols à partir des caractéristiques des sites agricoles et (3) proposer une réflexion sur l'agrégation de ces impacts dans des indicateurs d'impact ACV sur la qualité du sol.

Le choix méthodologique est de partir des impacts environnementaux majeurs qui influencent les sols agricoles étudiés, parallèlement avec leurs contextes agricoles et pédoclimatiques. Ainsi les impacts environnementaux indiqueraient implicitement des fonctions du sol menacées. Les impacts environnementaux choisis pour le projet correspondent aux menaces les plus importantes rencontrées sur tous les sols agricoles du monde, à savoir l'érosion, la diminution de la matière organique (MOS) et la compaction. Afin d'obtenir une méthode avec des estimations d'impact suffisamment précises mais généralisables à différentes conditions pédoclimatiques, nous avons eu recours à modèles de simulation à vocation « universel ». Pour estimer l'érosion, nous utilisons le modèle RUSLE2, tandis que pour le changement en MOS, nous utilisons le modèle RothC. Pour la compaction, le modèle COMPSOIL prédit la densité apparente d'un sol après des activités agricoles en fonction des caractéristiques des machines et du sol. La comparaison de cette densité avec la masse volumique critique du sol donnera un facteur de réduction pour établir l'estimation de l'impact comme une charge équivalente, intégrant la charge réelle appliquée au sol ainsi que la sensibilité du sol à la compaction. Cette méthodologie d'évaluation d'impact est établie à l'aide de scénarios impliquant trois pays (Brésil, Canada et France), trois types de sols représentatifs de chaque pays, et trois modes de fertilisation, en plus des caractéristiques des pratiques culturales propres à chaque pays. Suivant l'approche ACV, la méthodologie permettra de prendre en compte les impacts sur la qualité du sol de tous les sols agricoles impliqués dans la production d'un produit animal via son alimentation (les aliments concentrés pouvant contenir une dizaine d'ingrédients provenant de différentes zones géographiques).

Cette méthodologie est le résultat d'un compromis entre simplification interdisciplinaire de l'ACV et description détaillée de la multifonctionnalité des sols, donc un équilibre entre précision et complexité. Les caractéristiques (MDS) pour le calcul de l'impact sur la qualité des sols comprenant à la fois des données de pratiques culturales et des propriétés de sol, le projet ACV-SOL donne un levier d'action sur ces impacts et permet de contribuer à la gestion raisonnée des sols agricoles et optimiser l'ensemble des fonctions des sols pour répondre aux services attendus au plan écologique.

A terme, cette méthodologie devra avoir une évaluation approfondie des indicateurs d'impact. Cette analyse permettrait une discussion sur les valeurs seuils, les gammes choisies et les intercorrélations potentielles entre propriétés du sol afin d'optimiser le choix du MDS. L'agrégation des impacts en un indicateur unique de l'impact sur la qualité des sols sera l'étape suivante.

**Mots-clés :**

Impacts environnementaux de l'agriculture ; Analyse de Cycle de Vie (ACV) ; qualité du sol ; érosion ; matière organique des sols (MOS) ; compaction ; indicateurs d'impact

# **PROSTOCK - Effets de l'apport de produits résiduaux organiques sur le stockage de carbone, les émissions de gaz à effet de serre et la lixiviation du nitrate dans les sols agricoles périurbains**

**Coordinateur :** Emmanuelle Vaudour – UMR EGC – AgroParisTech

**Début du projet :** 2010

**Durée du projet :** 3 ans

## **Résumé :**

Le renouveau de l'intérêt sociétal pour les sols que nous vivons aujourd'hui est sans doute à mettre en relation avec la mise en évidence récente de la multifonctionnalité de ces objets naturels que sont les sols et de l'importance de leurs diverses fonctions pour le bien-être des écosystèmes et des hommes. Ce regain d'intérêt est particulièrement marqué pour les sociétés urbaines, confrontées d'une part à la prise de conscience de leur impact écologique et d'autre part au souhait de conserver un droit de regard sur la façon dont les services qu'elles utilisent sont mis en œuvre. De ces deux points de vue, le maintien d'une agriculture périurbaine présente des avantages, puisqu'elle peut permettre le recyclage d'une partie des déchets produits par les villes tout en fournissant, dans un contexte de proximité, des aliments frais aux urbains.

Le projet PROSTOCK s'inscrit dans la perspective du maintien d'une agriculture périurbaine. Il permettra d'évaluer l'intérêt de l'apport des produits résiduaux organiques (PRO) produits par les villes (boues de station d'épuration ou d'industries, déchets verts, fraction organique des déchets ménagers, traités biologiquement par compostage ou digestion) aux sols périurbains agricoles cultivés. La zone d'étude sera la petite région de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets, qui couvre 232 km<sup>2</sup> à l'ouest de Versailles. La majeure partie de ces sols ont une faible teneur en matière organique (MO) due à l'insuffisance des amendements organiques face à la grande productivité agricole de ces sols. Ces faibles teneurs en MO induisent, en particulier pour les sols limoneux, abondants dans la zone d'étude, une faible stabilité de leur structure, se traduisant par une grande sensibilité à la battance et un risque accru de ruissellement et d'érosion. L'augmentation du stock de MO de ces sols, au-delà de son intérêt du seul point de vue de la limitation de l'augmentation du C atmosphérique, est aussi bénéfique pour la productivité agricole et la limitation des risques hydrologiques. Dans une région comme celle de l'Île-de-France, d'où l'élevage a quasiment disparu, les gisements potentiels de MO issue des villes revêtent un intérêt particulier. Cependant, le devenir des différents types de PRO dans les divers types de sol susceptibles d'être amendés, en particulier leur dynamique de minéralisation, doit être connu afin de pouvoir établir les risques d'émission de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, dans le cas de ce projet) et de lixiviation du nitrate associés aux apports de PRO.

L'objectif du projet PROSTOCK est d'évaluer spatialement la possibilité d'accroître le stock de carbone des sols cultivés périurbains par le recyclage des PRO et d'en évaluer les impacts potentiels, à la même échelle d'étude, sur les risques d'émission de GES et de lixiviation du nitrate (les autres risques, comme par exemple ceux liés aux micropolluants métalliques ou organiques associés aux PRO, ne seront pas considérés ici). En outre, PROSTOCK comporte un objectif méthodologique visant à évaluer la faisabilité du suivi des variations de stocks de MO des sols cultivés par spectroradiométrie et télédétection visible proche infrarouge (NIRS). Le travail de recherche est structuré en 4 actions de recherche (AR). La première (AR1) consiste à mesurer la teneur et le stock en carbone organique de l'horizon travaillé des sols cultivés, à l'aide de diverses techniques. Ces mesures serviront de base à la spatialisation des stocks de carbone organique (AR2). L'impact des apports de PRO sur les cycles de C et N dans les sols sera quantifié à l'aide d'un modèle de simulation de la dynamique de la matière organique du sol (AR3). Ce modèle sera utilisé pour prédire l'évolution des stocks de MO dans l'horizon travaillé des sols cultivés du territoire, selon les différents scénarii de gestion agronomique (AR4). Cette évolution sera confrontée à la

précision des techniques de mesure mises en œuvre dans l'AR1, afin d'évaluer sa détectabilité. De manière générale, on attachera une importance particulière à l'estimation des incertitudes de mesure et d'estimation, et à leur propagation le long de la chaîne relationnelle mesure/spatialisation/simulation.

Le projet PROSTOCK mobilisera 4 équipes de recherche appartenant à 3 UMR associant l'INRA et AgroParisTech, et sera articulé à 3 projets de recherche en cours (ANR, CNES-Orfeo et FP7) complémentaires de la thématique traitée dans PROSTOCK. Il bénéficiera de l'appui d'un groupe d'accompagnement, constitué des différents acteurs concernés par le recyclage des PRO urbains en agriculture (agriculteurs, Chambre d'Agriculture des Yvelines, collectivités territoriales, Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets, Centre de recherches de Véolia Environnement). Cette interface permettra une valorisation efficace des résultats du projet à destination des utilisateurs potentiels, au service d'une meilleure gestion des déchets urbains, du maintien d'agriculture périurbaine durable et d'un usage multifonctionnel renouvelé des sols.

**Mots-clés :**

Agriculture périurbaine ; recyclage des déchets ; produits résiduels organiques (PRO) ; restitution aux sols périurbains agricoles cultivés ; Plaine de Versailles ; Plateau des Alluets ; Matière organique des sols ; stock de carbone des sols ; émissions de GES ; lixiviation du nitrate ; spectrométrie infra-rouge ; approche territoriale ; télédétection ; modélisation

## **SP3A - Préservation des sols viticoles méditerranéens et amélioration de leurs fonctions de régulation des flux d'eau et de matières associées : outils de modélisation pour le choix de pratiques adaptées**

**Coordinateur** : Patrick Andrieux - UMR LISAH - INRA

**Début du projet** : 2010

**Durée du projet** : 3 ans

### **Résumé :**

Le maintien ou la restauration de la fonction de régulation des flux d'eau et de pesticides sont des enjeux particulièrement importants en région viticole méditerranéenne du fait des risques élevés de contamination des eaux par ruissellements polluants. Cette fonction, liée à un coefficient d'infiltrabilité du sol élevé, assure au sol un rôle de tampon par rapport aux crues, à l'érosion et, potentiellement, au transfert de pesticides. De nombreux travaux ont montré que le coefficient d'infiltrabilité du sol est sous la dépendance des états de surface du sol et, qu'en milieu cultivé, ces états de surface et leurs évolutions dépendent des pratiques agricoles en interaction avec le climat. Maintenir ou restaurer la fonction de régulation du sol dans un bassin versant viticole revient à identifier des pratiques d'entretien du sol et des distributions spatiales de ces pratiques qui participent à la préservation ou restauration de l'infiltrabilité tout au long de l'année. Ces pratiques doivent par ailleurs être potentiellement acceptables par les viticulteurs. Identifier ces pratiques et leurs répartitions nécessite d'être en mesure d'évaluer leurs bénéfices et leurs coûts, c'est à dire : (1) les effets des pratiques et de leur répartition spatiale sur la fonction du sol à préserver et (2) les contraintes de mise en œuvre de ces pratiques. Sur ces deux points, les connaissances et les outils de modélisation sont encore insuffisants pour réaliser ces évaluations aux échelles spatiales et temporelles pertinentes.

L'objectif du projet est d'identifier des répartitions spatiales de pratiques permettant de préserver la fonction du sol de régulation des flux d'eau et de matières associées à l'échelle des bassins versants élémentaires, tout en étant susceptibles d'être techniquement et socialement acceptables par les viticulteurs. Pour cela, le projet est basé sur (1) le développement d'outils de modélisation, (2) d'une utilisation coordonnée de ces outils (et d'un modèle hydrologique existant) sur deux petits bassins versants tests et (3) la mise à l'épreuve des résultats par les viticulteurs.

L'approche proposée pour cela sera développée en 3 modules :

V1. Dynamique d'évolution des états de surface du sol à l'échelle de la parcelle.

V2. Conséquences de la mise en œuvre de pratiques innovantes d'entretien du sol sur la dynamique des ressources et la production de la vigne à l'échelle de la parcelle.

V3. Intégration à l'échelle de l'exploitation agricole et du bassin versant pour identifier des répartitions spatiales techniquement et socialement acceptables de pratiques d'entretien du sol.

Les tâches visant à améliorer les connaissances sur les processus et à développer des outils de modélisation s'appuient essentiellement sur des bases de données existantes et sur trois sites de recherche localisés dans la plaine viticole héraultaise : un petit bassin expérimental de 1 km<sup>2</sup> (bassin versant de Roujan), son bassin versant englobant de 80 km<sup>2</sup> (le bassin versant de la Peyne) et le domaine expérimental du Chapitre (Montpellier SupAgro). Le recueil de données complémentaires est également prévu. Par ailleurs, l'utilisation coordonnée des différents outils pour identifier des répartitions spatiales de pratiques souhaitables pour la préservation des sols viticoles et acceptables par les viticulteurs sera réalisée sur un ou deux petits bassins versants tests choisis en début de projet, l'un dans la vallée de la Peyne, l'autre en dehors. Sur ces bassins, les données nécessaires au paramétrage des modèles et à la caractérisation socio-technique des viticulteurs seront recueillies.

### **\* Mode de coordination**

La coordination du projet se fera au travers de l'organisation de trois séminaires annuels réunissant l'ensemble des partenaires scientifiques et utilisateurs potentiels des outils de modélisation :

- Le premier, organisé dès le lancement du projet, visera à faire le point sur les attentes des utilisateurs et sur les outils de modélisation qui seront développés dans le cadre du projet (objectif des différents modèles, performances et limitations potentielles, besoins en termes de variables d'entrées et de sorties). Il permettra également de choisir le ou les bassins tests.

- Le second, en début d'année 2, visera à s'assurer de la bonne avancée des travaux, et des échanges d'informations entre tâches. Il visera également à s'assurer de la transparence des modèles pour les utilisateurs potentiels par une explicitation des processus modélisés, des simplifications opérées, des modalités de paramétrage.

- Le dernier, en début d'année 3, aura pour objectifs (1) de dresser un état des travaux aux utilisateurs potentiels et (2) de définir avec des acteurs de terrain les modalités de réalisation d'un test de l'utilisation coordonnée des outils de modélisation construits au cours du projet (cf. tâches 3e et 3f).

La phase de test de l'approche d'utilisation coordonnée d'outils de modélisation, se fera au cours d'un stage de master II, à l'encadrement duquel les différents porteurs de modèles seront associés, ainsi que les chercheurs en charge de la caractérisation socio-technique des exploitations viticoles.

### **\* Résultats attendus en terme de connaissances**

1. Amélioration des connaissances sur les processus bio-physiques qui contrôlent la fonction de régulation des flux d'eau et de pesticides des sols en zone viticole méditerranéenne : dynamique des états de surface du sol en fonction des pratiques culturales, développement d'un couvert herbacé sous vigne sous contraintes hydriques et azotée, ...

2. Connaissance des pratiques et des distributions spatiales de pratiques d'entretien du sol permettant de préserver la fonction de régulation des flux tout en étant techniquement et socialement acceptable par les viticulteurs des bassins versants étudiés

Résultats attendus en termes d'outils de modélisation

1. A l'échelle de la parcelle de vigne :

- un modèle de simulation à la parcelle de la dynamique d'évolution des états de surface (et des coefficients d'infiltration associés)

- un modèle de dynamique des couverts herbacés

- un modèle de bilan hydrique et azoté d'une parcelle viticole enherbée

- un modèle d'élaboration du rendement de la vigne

2. A l'échelle de l'exploitation agricole : un modèle de conduite technique du vignoble

### **\* Résultats attendus en termes méthodologiques**

1. Développement d'une démarche d'utilisation coordonnée d'outils de modélisation pour l'aide au choix de distributions spatiales de pratiques d'entretien du sol à l'échelle du bassin versant

2. Mise à l'épreuve de l'approche de modélisation auprès des acteurs-viticulteurs : acceptabilité des résultats des simulations par les viticulteurs, en fonction de leurs caractéristiques socio-techniques

Résultats attendus en terme de gestion et d'appui aux politiques publiques

1. Connaissances sur les pratiques et leur distribution spatiale pouvant être diffusés auprès des agriculteurs (fiches techniques, journées portes ouvertes, sessions de formation) par les acteurs du conseil individuel ou collectif aux agriculteurs et/ou les acteurs en charge de la gestion qualitative de l'eau dans les bassins versants

2. Développement d'outils de modélisation d'intérêt pour ces mêmes acteurs (au regard des questions posées par la viticulture régionale) avec notamment un examen avec eux de la

question de la « transférabilité » et/ou de l'adaptation des outils produits à des sites peu instrumentés

**Mots-clés :**

Régulation des flux d'eau et de pesticides ; états de surface du sol ; pratiques agricoles ; climat ; bassin versant viticole ; distributions spatiales des pratiques ; outils de modélisation ; acceptabilité sociale ; viticulture

## SPECBIO - Indicateurs spectraux de qualité biologique des sols

**Coordinateur :** Bernard BARTHES – UMR Eco&Sols - IRD Montpellier

**Début du projet :** 2009

**Durée du projet :** 3 ans

### Résumé :

Face à la demande croissante des utilisateurs, gestionnaires et décideurs pour des outils de pilotage du patrimoine sol, l'objectif du projet SpecBio est d'évaluer la capacité de la spectrométrie infrarouge (IR) à fournir des indicateurs de qualité biologique facilement appropriables. La qualité biologique sera évaluée en terme de séquestration de carbone, important service écosystémique assuré par les sols, et en terme de vulnérabilité de cette séquestration au changement climatique.

Différents travaux de la littérature soulignent l'intérêt de la spectrométrie IR pour caractériser les sols. Deux approches seront comparées, la spectrométrie proche IR (SPIR, 800-2500 nm) et la spectrométrie moyen IR (SMIR, 2500-25000 nm). Les deux relèvent du même principe, utilisant des populations d'étalonnage renseignées conventionnellement et spectralement pour construire des modèles statistiques qui sont ensuite appliqués à des échantillons inconnus pour prédire leurs propriétés d'après leur spectre. L'acquisition rapide (1 minute/échantillon) et peu coûteuse (pas de consommables) des spectres IR permet la caractérisation de nombreux échantillons, ce qui est particulièrement adapté à l'étude des sols, dont les propriétés varient souvent dans l'espace et le temps. La SMIR est plus informative et permet souvent de meilleures prédictions, mais la SPIR est à un stade de développement technologique plus avancé qui la rend plus opérationnelle.

Sur deux populations d'échantillons représentant différents modes d'occupation, l'une française issue du RMQS et l'autre tunisienne, on mesurera la séquestration de carbone dans les macroagrégats et sa vulnérabilité à l'élévation de température, au moyen d'incubations en conditions contrôlées. On évaluera ensuite la précision avec laquelle les spectres proche et moyen IR de sol non incubé permettent de prédire ces bioindicateurs (séquestration et sa vulnérabilité), ou à défaut, des classes de valeurs prises par ces indicateurs (par exemple séquestration faible, moyenne, forte). La précision des prédictions sera exprimée sous forme d'erreur standard ou de proportion d'échantillons bien/mal classés. On identifiera également quelles liaisons chimiques vibrent aux longueurs d'ondes contribuant fortement aux modèles d'étalonnage des spectres IR sur les bioindicateurs, afin d'identifier les composés chimiques impliqués dans ces bioindicateurs. Plus largement, on évaluera la capacité de la spectrométrie IR à permettre la partition de populations d'échantillons en classes de qualité.

On fait donc l'hypothèse que les spectres IR de sol peuvent fournir des informations pertinentes sur la séquestration de carbone dans le sol, sa vulnérabilité au réchauffement et au chargement d'usage, et les composés qui la déterminent. Les modèles de prédiction construits sur les deux populations étudiées seront applicables à tous les sols comparables d'un point de vue textural et minéralogique, et pourront par exemple permettre l'établissement de cartes. Plus largement, on fait l'hypothèse que la spectrométrie IR peut fournir rapidement et à faible coût des indicateurs de qualité biologique des sols intéressant directement les utilisateurs et gestionnaires, dans une perspective de pilotage du patrimoine sol.

### Mots-clés :

Spectrométrie infrarouge (IR) ; indicateurs de qualité biologique des sols ; séquestration de carbone ; vulnérabilité des stocks de C au changement climatique, Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS)

# **INCA - Spectroscopie proche infrarouge in-situ pour la comptabilité carbone : Développement d'un spectromètre portable à bas coût et d'outils chimométriques pour déterminer le stock de carbone du sol directement au champ**

**Coordinateur** : Véronique Bellon-Maurel - UMR ITAP - CEMAGREF

**Début du projet** : 2010

**Durée du projet** : 3 ans

## **Résumé :**

Dans l'objectif de limiter le changement climatique dû à l'accroissement de la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre, le protocole de Kyoto prévoit de mettre en place une bourse du carbone, permettant de rémunérer les organismes qui stockeraient le carbone. Une des principales voies de stockage est la séquestration dans le sol, ce qui ajoute un autre avantage environnemental, à savoir l'amélioration de la qualité, notamment biologique, des sols. Pour rémunérer ce service, deux types de contrats peuvent être mis en place (sur pratiques ou sur crédits effectifs), les plus efficaces étant ceux fondés sur les crédits effectivement générés. Ceci suppose que l'on sache mesurer le carbone séquestré de façon précise et peu coûteuse. La fonction que nous étudierons est donc celle de la séquestration de carbone dans le sol, dans le contexte de la comptabilité de crédits carbone proposé par le protocole de Kyoto. Notre objectif est de développer un équipement et une méthode de mesure de la concentration volumique de C dans les sols, utilisant la spectrométrie proche infrarouge et directement applicable au champ.

Bien qu'employée depuis des décennies en analyse de routine en agro-alimentaire, la spectrométrie proche infrarouge (SPIR) relève toujours de la recherche dans le domaine des sols. Si la quantification de différents constituants ou certaines fonctions (teneur pondérale en carbone organique et inorganique, en azote, capacité d'échange cationique, granulométrie...) a fait l'objet de nombreuses publications, plusieurs verrous méthodologiques et technologiques doivent être levés pour en faire une méthode d'analyse de routine pour la comptabilité des crédits C. D'une part, la spectrométrie doit être mise en œuvre au champ, pour éviter les coûts générés par l'extraction/ préparation d'échantillons et permettre de répéter les mesures. Cela génère plusieurs questions de recherche : (i) comment prédire la concentration volumique (et non pas massique) du carbone ? (ii) comment modéliser les interactions sol / rayonnement infrarouge pour optimiser l'interface optique et améliorer la robustesse de la mesure ? (iii) quelle est la sensibilité de la mesure aux différentes grandeurs d'influence en extérieur (humidité du sol, présence d'éléments grossiers, température...) ? et comment rendre la mesure robuste ? D'autre part, le point critique de la SPIR – en particulier pour les sols - est l'étalonnage. L'enjeu est de construire la base spectrale la plus exhaustive possible, mais en minimisant les coûteux efforts expérimentaux, en utilisant les pédothèques, telles celle du réseau RMQS (Réseau de mesure de la qualité de sols). Se posent alors les questions de recherche suivantes : (i) en transfert d'étalonnage : peut-on utiliser une base spectrale constituée sur des échantillons séchés et broyés pour l'appliquer sur des échantillons au champ ? (ii) peut-on améliorer la précision et la robustesse de l'étalonnage, et en particulier réduire l'erreur systématique en mettant en œuvre des approches chimométriques alternatives (non paramétriques) pour l'étalonnage ? Ces différentes questions seront traitées par des approches expérimentales et de modélisation en laboratoire (par ex. pour l'étude de l'interaction rayonnement-matière). Des bases spectrales seront construites en combinant des données existantes (SpecBio en partie) et des nouvelles acquisitions de spectres et de données (telle la densité apparente). Ces différentes étapes permettront de concevoir un appareillage de terrain, développé sur le modèle du Spectron®, un spectromètre portable bas-coût mis au point par le Cemagref et la société Pellenc pour mesurer la maturité du raisin. Ce prototype sera évalué sur le terrain (France- Tunisie- Australie) dans une démarche de bench-marking (test de performance)

avec d'autres équipements concurrents. La démarche complète de mesure du stock de carbone sera simulée pour une exploitation agricole. Ainsi, INCA offrira aux décideurs publics - à une échelle internationale - une étude scientifiquement solide pour le choix d'une stratégie de mesure des stocks de carbone dans les sols.

Du fait des verrous abordés et de son ambition d'opérationnalité, ce projet nécessite une étroite et originale collaboration entre spécialistes d'instrumentation de SPIR et pédologues spécialistes du carbone. INCA mobilisera 96 mois.ETP (à 76% personnel permanent). La dimension internationale est essentielle et assurera une large appropriation de l'innovation.

**Mots-clés :**

Spectrométrie infrarouge ; Chimiométrie; Instrumentation ; Stock de carbone ; Séquestration ; Matière organique du sol; Changement climatique ; Crédits carbone

# APOGEE - Les Archives Pédologiques, un Outil pour la Gestion des Ecosystèmes

## Nouvelles approches, limites temporelles et résolution écosystémique

**Coordinateur :** Dominique Schwartz - Université de Strasbourg, Faculté de Géographie et d'Aménagement / LIVE ERL 7230

**Début du projet :** 2010

**Durée du projet :** 3 ans

### Résumé :

Les constituants des sols ont une « espérance de vie » très variable entre leur entrée dans le sol (par décomposition des matières organiques fraîches, altération de la roche mère) et leur sortie (par minéralisation des M.O., dissolution ou transformation des minéraux). Elle dépend de nombreux facteurs (activité biologique, intensité des flux d'énergie et de fluides,...). Quand les constituants sont spécifiques de processus pédogénétiques, ou de contextes écologiques particuliers, ils forment de véritables archives naturelles révélant, sur une durée plus ou moins longue, la dynamique des milieux. De ce fait, ils sont un moyen d'approcher les changements qui ont affecté les écosystèmes et agrosystèmes sur des durées longues. Les archives pédologiques sont donc des indicateurs pour améliorer la qualité de la gestion des milieux, particulièrement précieux lorsqu'il s'agit de milieux à fort intérêt écologique ou patrimonial, ou tout simplement sujets à une forte pression anthropique.

Malgré leur intérêt, les archives pédologiques sont encore peu employées à ce dessein. La complexité du milieu sol, les processus biologiques de bioturbation, la lente disparition des archives avec le temps rendent difficiles leur lecture et nécessitent des approches spécifiques, différentes de l'analyse stratigraphique qui caractérise les archives sédimentaires. Nous proposons ici un programme destiné à franchir un palier significatif dans l'utilisation des archives pédologiques en tant qu'outil de gestion des écosystèmes. Ce programme est fondé sur des approches nouvelles, destinées à identifier les différents écosystèmes qui se sont succédés dans le temps sur un même sol.

La spectrométrie proche infrarouge qualitative est une toute nouvelle méthode, mise au point en 2009, qui consiste à associer la signature spectrale d'un échantillon à la végétation qui a donné naissance aux matières organiques du sol (MOS). Nous travaillerons sur les fractions les plus stables de la M.O., pour repousser les limites chronologiques de la méthode et appréhender plus précisément la chronologie des changements de végétation. Les biomarqueurs moléculaires lipidiques sont nombreux dans les M.O. L'analyse de leur distribution par spectrométrie de masse fournit une "empreinte digitale" de la couverture végétale. Nous utiliserons principalement les marqueurs chemotaxonomiques et la distribution de certaines classes de composés majeurs (hydrocarbures linéaires, n-alcools, n-acides, etc) pour distinguer dans les sols l'empreinte de végétations spécifiques. Les temporalités seront abordées via deux méthodes novatrices. Des techniques très récentes permettent de déterminer l'âge moyen ( $^{14}\text{C}$ ) de molécules individuelles à partir de quelques dizaines de microgrammes de composé. Cette technique de pointe nous permettra, à partir de molécules cibles isolées de sols, d'en évaluer le temps moyen de résidence, et de mieux comprendre les processus de transfert de M.O. D'autre part, l'âge des plus anciens constituants organiques, proche de l'âge absolu des sols, sera évalué par mesure  $^{14}\text{C}$  effectuée sur les M.O. les plus récalcitrantes, très fortement liées aux argiles, après destruction de la M.O. à l'eau oxygénée.

L'ensemble de ces méthodes, combinées à des mesures plus classiques, devrait permettre de dégager un protocole d'utilisation des archives pédologiques susceptibles d'apporter aux gestionnaires de milieux à fort intérêt écologique des connaissances à même d'améliorer leurs plans de gestion.

**Mots-clés :**

Spectrométrie infrarouge ; Biomarqueurs moléculaires lipidiques ;  $^{14}\text{C}$  ; archives pédologiques ; matières organiques du sol ; gestion des milieux ; sites à fort intérêt écologique

# TRACES - Les traits de la faune du sol pour relier les changements environnementaux aux fonctions du sol

**Coordinateur :** Florence Dubs – UMR BIOEMCO -IRD Bondy

**Début du projet :** 2009

**Durée du projet :** 3 ans

## **Résumé :**

Le rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes, par la modification des taux de certaines fonctions telles que la productivité ou le recyclage des nutriments est maintenant couramment documenté. Dans le sol, de nombreux processus (cycle biogéochimiques, entretien de la structure physique et des propriétés hydrauliques associées) et les services écosystémiques associés sont en grande partie régulés par des organismes du sol (faune et racines, et la microflore qu'ils stimulent). Toutefois, les atteintes portées aux sols (pratiques agricoles non durables, pollutions et effets des changements globaux) menacent la provision de ces services écosystémiques par l'altération du rôle fonctionnel de la biodiversité des sols, dont les mécanismes d'action sont encore majoritairement mal compris. La biodiversité est un facteur essentiel de la production de services écosystémiques et doit donc être nécessairement au cœur de toute approche portant sur l'évaluation des fonctions écologiques, car elle constitue un des éléments qui caractérisent et conditionnent leur réalisation. Et l'évaluation de l'effet des activités humaines sur les fonctions du sol est essentielle pour la mise en œuvre de politique de gestion des sols et leur évaluation.

Le rôle central de ces organismes dans le fonctionnement du 'compartiment sol' des écosystèmes nécessite la compréhension à la fois des facteurs qui gouvernent leur distribution mais aussi de leur rôle fonctionnel propre. Les règles d'assemblage des communautés proposent un cadre conceptuel élégant qui permet de prédire les assemblages d'espèces présents localement à partir de la connaissance des traits de réponses des organismes aux filtres environnementaux (contraintes). D'autre part, une approche expérimentale conséquente est nécessaire pour appréhender le rôle fonctionnel spécifique d'un nombre important de ces organismes afin de pouvoir intégrer ces effets aux niveaux des communautés observées au champ.

Dans ce travail, nous chercherons (i) à identifier l'échelle spatiale à laquelle la structure du paysage (filtre environnemental) a le plus d'impact sur les assemblages locaux d'espèces et (ii) à quantifier des traits de réponse et d'effet d'organismes appartenant aux communautés d'invertébrés du sol (macrofaune saprophage, collembole). Ensuite, à partir de ces deux sources d'information, nous développerons un modèle de spatialisation des règles d'assemblage pour 'valider' par simulation l'effet des facteurs (de la structure du paysage, des paramètres édaphiques, etc) qui contrôlent la diversité et l'abondance des communautés d'invertébrés sur la composition de la communautés locales en fonction de ces traits de réponse. Puis nous tenterons de relier l'effet des filtres environnementaux sur un processus du sol (dynamique des matières organiques) via les traits d'effets du peuplement précédemment simulé. Plus précisément, il s'agira de : (1) décrire les communautés à différentes échelles, (2) étudier les mécanismes actifs (dispersion, préférences d'habitat, compétitions) ou passifs (sélection de traits morphologiques) qui aboutissent à ces assemblages, (3) étudier l'impact des espèces et éventuellement des assemblages d'espèces sur un processus du sol (dynamique des matières organiques), (4) voir si on peut relier des traits permettant d'expliquer les réponses et les effets afin de prédire, par exemple, comment la structure du paysage ou des changements d'usage des sols vont potentiellement modifier une fonction donnée du sol.

En ce qui concerne les indicateurs potentiels, pour de futures politiques publiques, que pourra développer ce projet : (i) une fois identifiées les composantes de la structure du paysage ayant un contrôle sur la richesse et la composition de la communauté locale de macro- et de mesofaune, ceux-ci peuvent être utilisé comme indicateur du peuplement local

de faune du sol, (2) de même, une fois identifier un nombre restreint de groupes composés d'espèces aux traits d'effet relativement proches, il sera possible de prédire le potentiel fonctionnel d'une communauté sur la base d'une liste d'occurrence ; ce qui offre ensuite la possibilité d'un autre type d'indicateur sur une fonction cible (ici, la fragmentation/dégradation de la matière organique).

**Mots-clés :**

Biodiversité du sol ; services écosystémiques du sol ; règles d'assemblage des communautés ; traits de réponse et d'effet ; changements d'usage des sols ; indicateur du peuplement local de faune du sol

# **GENOSOIL - Approche métaGENOMique pour l'étude de la biodiversité totale du SOL - Application à l'évaluation des impacts anthropiques sur la biodiversité des sols des écosystèmes du Nord Ouest de la France**

**Coordinateur** : Thibaud Decaëns - ECODIV - Université de Rouen

**Début du projet** : 2010

**Durée du projet** : 3 ans

## **Résumé :**

Les niveaux mesurés d'érosion de la biodiversité prennent généralement en compte un nombre réduit de groupes taxonomiques emblématiques. Les organismes du sol n'ont été que très peu considérés dans ces études, alors qu'ils représentent près du quart des espèces connues de la planète et sont impliquées dans la mise à disposition de nombreux services environnementaux.

Le projet GENOSOIL a pour objectif de lever ce verrou scientifique en développant une méthode de quantification de la biodiversité totale du sol (des microorganismes aux macroinvertébrés), et de la mettre en oeuvre pour étudier l'impact des changements globaux sur l'érosion de la biodiversité endogée dans les environnements tempérés humides du nord-ouest de la France.

Nous proposons d'échantillonner les communautés édaphiques dans une gamme écosystèmes reconstituant des gradients environnementaux eux même représentatifs des facteurs des changements globaux. Cette approche synchronique nous permettra d'interpréter nos résultats comme des éléments prédictifs des impacts à long terme des mutations environnementales sur la biodiversité du sol. Nos résultats constitueront également un état des lieux initial pour des études diachroniques à moyen et long terme.

Les actions de recherche proposées s'articulent autour de 3 hypothèses scientifiques principales :

H1 – L'hypothèse de la frontière biotique finale postule que les organismes édaphiques sont parmi les plus diversifiés au sein des écosystèmes terrestres, et qu'ils sont fortement menacés du fait de l'impact des changements globaux sur le sol. Nous estimerons les niveaux de biodiversité et les risques d'extinction qui affectent ces communautés à différentes échelles.

H2 – L'hypothèse du déficit taxonomique postule que l'étude de la biodiversité totale du sol a jusqu'à présent été rendue impossible, quelque soit l'échelle spatiale considérée, par le manque de méthodes analytiques adaptées. Nous leverons ce verrou technologique en mettant au point une approche moléculaire innovante combinant micro- et métagénomique, qui nous permettra d'estimer les niveaux de biodiversité pour un spectre taxonomique complet d'organismes édaphiques.

H3 – L'hypothèse des filtres environnementaux considère que les facteurs environnementaux naturels ou anthropiques agissent sur l'assemblage des communautés en filtrant les espèces les moins adaptées aux conditions biotiques et abiotiques à différentes échelles. Nous aborderons cette hypothèse pour un nombre réduit de groupes taxonomiques de faune du sol en utilisant des matrices de traits existantes ou construite dans le cadre du projet.

Nous analyserons la biodiversité du sol de long de gradients environnementaux naturels (successions végétales) ou anthropiques (intensification agricole, gradients de gestion forestière). Nous analyserons ainsi de façon synthétique l'impact des changements globaux sur la biodiversité endogée.

La méthodologie mise au point aura des applications potentielles dans le domaine de la bioindication, puisqu'elle permettra la prise en compte globale de la biodiversité des sols au travers d'une analyse génomique unique. L'étude compréhensive des facteurs explicatifs de la biodiversité du sol fournira également des éléments objectifs pour définir des outils de

décision permettant une gestion appropriée des sols en vue de la préservation de leur diversité biologique.

**Mots-clés :**

Biodiversité totale du sol ; approche métagénomique ; impacts anthropiques ; écosystèmes du Nord-Ouest de la France ; changements globaux

# **EBISOL - Environnement, biopesticides et biotechnologie : quel rôle pour les sols ?**

**Coordinateur :** Roger Frutos - UMR Trypanosomes - CIRAD

**Début du projet :** 2010

**Durée du projet :** 3 ans

## **Résumé :**

Le projet EBISOL (Environnement, biopesticides et biotechnologie : quel rôle pour les sols ?) est un projet intégré associant quatre tâches techniques à une cinquième tâche focalisée sur des séries coordonnées de séminaires de formations/information. L'objectif du projet est en fait double :

1) Il s'agit en premier lieu d'aborder une question centrale dans le débat sur les biopesticides et les plantes génétiquement modifiées qui reste actuellement sans réponse. Quel est le devenir des protéines insecticides issues de plantes transgéniques ou de biopesticides utilisés en agriculture biologique ? L'acteur principal dans ce devenir est le sol et également sa microfaune, mais aucune information n'est disponible quant à ce même devenir. Les toxines sécrétées ou épandues sont-elles toujours actives ou bien inactivées et si oui au bout de combien de temps ? Les protéines détectées dans le sol sont-elles donc de véritables toxines ou bien de simples assemblages résiduels d'acides aminés sans fonction biologique ? Les sols et la microfaune interviennent-ils dans la dégradation ou au contraire la conservation ? Y-a-t-il des différences entre biopesticides et plantes transgéniques à ce niveau ? Ce sont des données importantes pour éclairer le débat actuel et pour aider à la prise de décision et l'élaboration de modes de gestion appropriés.

2) Ceci amène au second objectif car ces informations, pour être correctement appropriées par les utilisateurs, les évaluateurs et les décideurs doivent être accompagnées d'une connaissance des mécanismes biologiques complexes mis en jeu et des écueils éventuels. Des séries de séminaires de formation/information destinés aux divers acteurs seront régulièrement organisés durant le projet.

Cette comparaison est importante, car seul un très petit nombre de protéines Cry sont actuellement produites par des plants GM, mais ce nombre va croître et il sera essentiel de s'appuyer sur des bases scientifiques pour extrapoler des propriétés entre classes de Cry. Cette étude comparative expérimentale sera renforcée par des efforts de réflexion et de formation centrés sur les différences et les similarités entre les protéines Cry d'origine différentes (culture GM et biopesticides).

## **Mots-clés :**

biopesticides ; plantes génétiquement modifiées ; devenir des protéines Cry insecticides dans le sol ; agriculture biologique ; formation ; communication

## **ECOSOL - Les services écosystémiques des sols: analyse des régimes incitatifs sous-jacents**

**Coordinateur :** Gilles GROLLEAU – UMR LAMETA - Montpellier SupAgro

**Début du projet :** 2009

**Durée du projet :** 3 ans

### **Résumé :**

Le sol est souvent le parent pauvre de l'analyse économique de l'environnement. Pourtant, il rend, souvent à l'insu des bénéficiaires mais également souvent à l'insu de fournisseurs involontaires, de nombreux services écosystémiques. Ces derniers comprennent par exemple le stockage (puits à carbone), la dégradation des déchets, les services d'épuration relative à la qualité de l'eau et le rôle de réservoir de biodiversité, etc. La perte, la diminution ou la détérioration de la qualité de ces services et la nécessité de leur restauration voire de leur remplacement par des solutions de substitution capitalistiques (e.g., construction d'une usine de dépollution de l'eau) permettent parfois de se rendre compte de leur importance pour les différentes parties concernées. Dans le rapport de synthèse du Millenium Ecosystem Assessment lancé en 2001 pour évaluer les conséquences de l'évolution des écosystèmes sur le bien-être de l'Homme, ces services sont chiffrés à des montants pouvant atteindre plusieurs centaines voire milliers d'euros par hectare. En outre, la problématique envisagée trouve un écho particulier dans le contexte européen de projet de Directive Cadre sur les Sols et dans le contexte national de gestion durable des services écosystémiques fournis par les sols, notamment avec le programme GESSOL du MEDAD qui fait l'objet de cet appel à proposition de recherche. La problématique principale de cette proposition de recherche se rapporte aux modalités concrètes susceptibles de maintenir, voire de renforcer la fourniture de ces services, et ce tout en préservant l'efficacité des fonds investis, c'est-à-dire l'obtention d'un résultat durable au moindre coût pour la société. Cette problématique s'intéresse également aux conditions de détérioration de ces services, notamment lorsque ces derniers se retrouvent au centre d'un conflit entre différents groupes d'intérêt, certains souhaitant utiliser ces sols pour un usage incompatible avec la fourniture des systèmes écosystémiques. Par exemple, certains agriculteurs souhaitent utiliser les sols comme support de leurs activités productives et comme réceptacle d'émissions consécutives à ces activités alors que d'autres acteurs comme les consommateurs de l'eau (e.g., embouteilleurs d'eau de source, villes, usagers récréatifs) souhaitent bénéficier des services d'épuration des sols. Quelles sont les approches privées ou publiques susceptibles de contribuer à la résolution de ce conflit ? Comment dès lors le décideur public peut-il sélectionner la combinaison d'instruments optimale ? Cette problématique sera abordée en croisant les apports de l'économie néoinstitutionnelle (Anderson, 1982 ; Coase, 1988 ; McCann et al., 2005 ; Bougherara et al., A paraître ; Déprés et al., à paraître ) et de l'économie comportementale (Bazerman, 2001 ; Kahneman, 2003). Il s'agira dans un premier temps d'identifier les bénéficiaires et les fournisseurs de services écosystémiques des sols et de comprendre les facteurs qui déterminent la fourniture et la qualité des services écosystémiques, notamment à travers l'analyse des droits de propriété relatifs au sol. Il ne s'agit pas simplement d'identifier les conditions de fourniture volontaire de ces services, mais de s'intéresser à des cas précis de transactions portant sur ces services. Leur étude détaillée permettra d'estimer la valeur économique totale de ces services et d'identifier les stratégies mises en oeuvre afin de réduire le niveau des coûts de transaction et d'influer sur leur répartition entre les agents (Déprés et al., A paraître ). Parmi les hypothèses que nous souhaitons tester, nous supposons que la structure de marché (e.g., monopsonne) et la capacité à transformer les bénéficiaires de ces services rendus par les sols en payeurs effectifs contribuent à renforcer la pérennité de la fourniture de ces services. Ces recherches mobiliseront les modèles issus de l'économie néo-institutionnelle, de l'économie de l'environnement et de l'économie comportementale, notamment afin de (1) monétariser les services écosystémiques

concernés et (2) de comprendre les dynamiques à l'oeuvre derrière la (sous)fourniture de ces services afin (3) de proposer des modalités d'intervention favorisant le maintien de ces services (en lien avec la Directive Cadre sur les sols), sachant que les résultats obtenus, notamment au niveau des méthodologies employées pourront être généralisés à d'autres politiques de gestion de l'environnement, comme celles relatives aux déchets, à la biodiversité, à la pollution de l'air et de l'eau. Ce programme de recherche permettra ainsi de déboucher sur l'évaluation des politiques publiques visant à renforcer les services écosystémiques des sols et également sur des préconisations pratiques quant à la formulation des politiques publiques relatives à la fourniture des services écosystémiques. L'objectif sera de tisser un lien de la recherche en sciences sociales sur les sols jusqu'à l'orientation de la décision publique

**Mots-clés :**

Analyse économique de l'environnement ; services écosystémiques des sols ; analyse des droits de propriété relatifs au sol ; économie néo-institutionnelle ; économie comportementale ; monétariser les services écosystémiques ; modalités d'intervention

## **ECOSOLHYDRO - Intégrer la valeur épuratrice de sols hydromorphes dans leur usage - Quelles stratégies d'intervention sur les marchés fonciers ?**

**Coordinateur :** Elsa Martin - UMR 1041 CESAER - AgroSup Dijon

**Début du projet :** 2010

**Durée du projet :** 3 ans

### **Résumé :**

Pour atteindre les objectifs fixés par la réglementation européenne en termes de qualité de l'eau, les gestionnaires locaux doivent agir activement au niveau de la source des pollutions et dégradations. Le problème est qu'il est bien souvent difficile d'identifier de manière certaine les responsables des nuisances. Une des solutions envisagées en pratique consiste à intervenir sur les marchés fonciers en hiérarchisant puis ciblant des zones dites « humides » afin de mieux encadrer et potentiellement contraindre les pratiques actuelles (principalement agricoles mais aussi résidentielles, industrielles, etc.). Ce sont, bien souvent, des syndicats ou autorités responsables de la ressource en eau qui adoptent de telles stratégies avec pour objectif principal la préservation de la fonction de régulation de la qualité de l'eau des sols (FRQES).

Nous proposons dans ce projet d'établir et de rendre opérationnel un cadre de décision pour la protection de la FRQES à l'échelle départementale ou infra départementale (bassins versants). En France, l'arrêté du 24 juin 2008 (modifié le 1er octobre 2009) précise les critères de définition et de délimitation des zones humides. Les indicateurs pédologiques y tiennent une place majeure, à côté des indicateurs de végétation. C'est sur cette base que les autorités responsables de la politique de l'eau et les organismes en charge de la protection des zones humides sont censés sélectionner les parcelles à protéger. Mais, appliquée à un département comme la Côte-d'Or, une telle stratégie concerne potentiellement une très grande partie des terres agricoles. Si, comme observé en pratique, la protection est synonyme de compensations financières ou d'achat de parcelles, le coût de la protection prend une place primordiale. Du fait de l'existence de contraintes budgétaires, la préservation passera nécessairement par une hiérarchisation des zones à réglementer sur la base d'une comparaison entre les gains environnementaux et les coûts économiques. Mais comment estimer ces gains et coûts ? C'est précisément ce que nous souhaitons faire dans le cadre de ce projet.

L'estimation des gains passera par la prise en compte des caractéristiques biophysiques des parcelles concernées mais également les caractéristiques hydrologiques (surface drainée en amont, place dans le réseau hydrographique en fonction de l'ordre des biefs de cours d'eau). Un des enjeux de ce travail sera d'analyser la cohérence des approches hydrologiques et pédologiques. Notre projet sera ainsi l'occasion de poursuivre l'utilisation d'un système d'information géographique et de modèles physiques ou statistiques pour attribuer aux parcelles des attributs du sol plus fins (intensité de l'hydromorphie, teneur en matière organique, réserve en eau utile), avec une résolution spatiale suffisante pour orienter l'action locale : pente, exposition, distance aux cours d'eau, etc. Sur ce point, la composition de l'équipe, pluridisciplinaire et complémentaire pour traiter de questions spatiales (économistes, pédologues, hydrologues et géographes), constitue une assurance de progression sur le traitement de l'information.

Dans le but de renseigner au mieux les ciblage possibles nous envisageons aussi d'estimer les coûts de la protection. Elle peut prendre deux formes selon que l'on considère qu'elle passe par des compensations financières pour une préservation des sols hydromorphes par ses propriétaires ou par des achats de parcelles. L'estimation des coûts d'achat des parcelles agricoles reposera sur la méthode des prix hédoniques. L'appariement des données économiques et biophysiques sera réalisé à l'échelle de la parcelle par l'intermédiaire d'un SIG et nécessitera un modèle de désagrégation de l'information

pédologique basé sur la topographie. L'achat est une solution extrême par rapport aux compensations financières ; si elle assure une protection complète et certaine à long terme, elle peut s'avérer particulièrement coûteuse à mettre en œuvre et ainsi conduire à une plus faible surface totale préservée. D'où l'intérêt d'envisager aussi la possibilité d'indemniser les utilisateurs des sols qui contribueraient à la préservation de la FRQES. A ce stade, la collaboration avec des agronomes sera primordiale.

**Mots-clés :**

Qualité de l'eau ; marchés fonciers ; zones humides ; fonction de régulation de la qualité de l'eau des sols (FRQES) ; indicateurs pédologiques ; coûts de protection des zones humides; méthode des prix hédoniques ; compensations financières

## CAPSOL - La gestion sociale du capital sol

**Coordinateur** : Robert Lifran - UMR LAMETA - INRA

**Début du projet** : 2010

**Durée du projet** : 3 ans

### Résumé :

Le projet CAPSOL comporte trois volets :

- le premier vise à définir un concept de capital sol, à développer un modèle de sa gestion optimale, à identifier et à caractériser les externalités impliquées dans la gestion sociale du capital sol.

- le second volet porte sur la conception d'un mécanisme incitatif adapté (bonus de diversification) à la gestion du capital sol à l'échelle des bassins versants ou des terroirs agricoles.

- le troisième volet consiste à tester sur le terrain l'acceptabilité sociale et l'efficacité du bonus de diversification.

Notre proposition fait appel aux concepts et méthodes de l'économie des ressources naturelles et de l'économie publique, et s'appuie sur des collaborations étroites avec des agronomes et des spécialistes des sciences du sol.

Nous proposons de distinguer deux composantes dans le capital sol, une composante physique, base des services de support, et dont la dynamique est soumise aux processus érosifs, et une composante biologique et minérale, support de la nutrition des plantes et base de la fertilité du sol. La dynamique de cette dernière est un processus complexe, qui dépend essentiellement des pratiques agronomiques, et notamment de la balance entre les exportations et les restitutions de matière organique, et les apports de fertilisants minéraux. De plus, les dynamiques des deux composantes sont en interaction, l'érosion du compartiment physique dépend des pratiques agronomiques ou agro-écologiques, et la fertilité dépend de l'état du compartiment physique pour la rétention de l'eau et des nutriments, mais aussi des éléments exogènes en excès (les nitrates sont lessivés, le phosphore est adsorbé par les argiles). D'autre part, les dynamiques érosives peuvent conduire à l'effondrement des services rendus, et notamment à l'effondrement de la fertilité, support de la production agricole.

La gestion du capital sol possède donc deux dimensions, l'une qui est privée (elle est souvent fortement influencée par les politiques agricoles), et l'autre qui est en relation avec l'impact de l'agriculture sur les écosystèmes et la fourniture de services (ou disservices) environnementaux. Nous identifions les effets externes induits par la gestion des deux composantes du capital sol à des externalités de stock.

Les externalités de stock peuvent affecter des agriculteurs dans un voisinage, à l'échelle des bassins versants, ou des agents et activités extérieurs à l'agriculture.

Les modèles conceptuels développés sont indispensables pour comprendre les dynamiques des fonctions et services du sol, tels les services support de la fertilité, ou celui du stockage du carbone. Ils sont utiles dans la compréhension des enjeux liés à l'intégration éventuelle de l'agriculture dans les marchés du carbone.

La régulation de ces externalités par les politiques publiques est difficile, les politiques de soutien à l'agriculture ayant le plus souvent des effets pervers sur la fourniture des services écosystémiques, et les politiques agri-environnementales étant souvent mal adaptées pour le traitement des externalités topologiquement caractérisées, telles qu'elles sont rencontrées dans les phénomènes érosifs.

Nous proposons alors de concevoir un nouvel instrument de politique publique, le bonus de diversification, que nous testerons en laboratoire par l'économie expérimentale et in situ, dans un contexte de risques érosifs élevés, le Lauragais. Les tests *in situ* reposent sur l'association originale de la méthode d'expérimentation des choix et du bonus de diversification. L'association permet en effet de surmonter l'asymétrie d'information entre le

régulateur et les agriculteurs sur les coûts de mise en œuvre d'une nouvelle configuration du réseau de parcelles.

Nos interlocuteurs sur le terrain sont la Chambre régionale d'Agriculture Midi-Pyrénées ainsi que les collectivités locales concernées.

Les méthodes et instruments de politiques publiques conçus pourront être directement utiles à la mise en œuvre de mesures agri-environnementales territorialisées (MAET) dans le cadre de la réforme de la PAC.

**Mots-clés :**

concept de capital sol ; modèle de gestion optimale ; bonus de diversification ; acceptabilité sociale ; économie des ressources naturelles ; économie publique ; services écosystémiques du sol ; externalités de stock ; stockage du carbone ; mise en œuvre de mesures agri-environnementales territorialisées (MAET)

# COSAC - Construction et circulation des connaissances sur les services écosystémiques des sols en agriculture de conservation

**Coordinateur** : Hélène Brives - AgroParisTech

**Début du projet** : 2010

**Durée du projet** : 3 ans

## Résumé :

Ce projet, ancré dans les "science studies", est centré sur une analyse des processus de production de connaissances en agriculture de conservation. L'agriculture de conservation est un champ où l'usage et la valorisation de processus écologiques sont pensés, mis à l'épreuve et rencontrent des difficultés pour les praticiens comme pour les chercheurs. L'émergence de la notion de service écosystémique constitue aujourd'hui une intrusion de la société et du politique dans le laboratoire des chercheurs et sur les parcelles des agriculteurs: Les uns et les autres sont questionnés : les connaissances qu'ils produisent sur le sol en sont-elles modifiées ?

L'ambition de notre proposition à GESSOL est de conduire une analyse des processus de production des connaissances en nous intéressant (i) à la nature des connaissances qui sont produites par les chercheurs et par des collectifs d'agriculteurs, c'est-à-dire aux différents modes de production de ces connaissances, (ii) aux types d'épreuves (complémentaires ou concurrentes parfois) que ces collectifs mettent en place pour évaluer les connaissances et (iii) aux déplacements induits par la notion de service écosystémique dans les modalités de production et d'évaluation des connaissances.

L'analyse de la production de connaissances peut être déclinée en plusieurs séries de questions de recherche qui seront adressées de la même manière aux chercheurs, aux collectifs d'agriculteurs organisés autour de l'agriculture de conservation (AC) avec d'autres acteurs professionnels tels que les chambres ou des coopératives :

- a) Comment sont définies par ces collectifs les fonctions et les qualités des sols ?
- b) Comment sont évaluées ces qualités et ces fonctions ? Quels dispositifs de mesure, d'observation sont mis en place ? Quels critères de performance des sols sont retenus ?
- c) Comment s'opère le passage de la notion de « fonction du sol » à celle de « service écosystémique » rendu par le sol ? Et quels services ?

Nous étudierons la production de connaissances sur trois scènes (i) la production de connaissances en science et biologie des sols dans le cadre du projet ANR SYSTERRA PEPITES : Processus Ecologiques et Processus d'Innovation Technique Et Sociale en agriculture de conservation , (ii) en lien avec la production de connaissances sur le sol dans des situations expérimentales orchestrées par des chercheurs agronomes et d'autres acteurs de l'encadrement agricole et impliquant des agriculteurs, (iii) en lien avec la production de connaissances par les agriculteurs dans leurs pratiques du sol.

Les sorties du projet sont envisagées sur cinq plans :

- a) Une caractérisation des fonctions des sols par différents collectifs d'acteurs et différentes disciplines scientifiques.
- b) Une hiérarchisation des fonctions du sol en lien avec les services écosystémiques envisagés par différents collectifs d'acteurs. Quelles sont les fonctions privilégiées par les uns et par les autres pour assurer tel service
- c) Une contribution à la réflexion sur des relations entre propriétés, processus, et services écosystémiques des sols, et la notion de fonction. Cette contribution s'appuiera tout particulièrement sur la réflexion interdisciplinaire permise par la proximité des chercheurs en écologie/science du sol et en sciences sociales.
- d) Nous espérons contribuer à la définition d'indicateurs de performance en analysant la façon dont les différents acteurs évaluent et mettent à l'épreuve des connaissances liées à la matière organique et à l'activité biologique. Nous aurons des éléments de compréhension des conditions d'articulation, de compatibilité des indicateurs de performance produits dans des mondes différents.

e) L'examen des modalités de production des connaissances, en particulier celles de la science et celles de la pratique agricole nous permettra de comprendre les possibilités de circulation des connaissances et a contrario de repérer des difficultés de transfert de ces connaissances.

Ces deux derniers points (d et e) pourront fournir des éléments d'appui à la construction de politiques publiques.

**Mots-clés :**

Production et évaluation des connaissances ; agriculture de conservation ; chercheurs ; des collectifs d'agriculteurs ; service écosystémique des sols; fonctions et qualités des sols indicateurs de performance ; appui à la construction de politiques publiques.

## VitiEcoBioSol - Les sols de vigne vivants : comment gérer ce patrimoine à la base de la pérennité du vignoble de Champagne ?

**Coordinateur :** Daniel Cluzeau - UMR EcoBio - CNRS/ Université de Rennes 1

**Début du projet :** 2010

**Durée du projet :** 2 ans

### Résumé :

En Champagne comme dans les autres vignobles, il est vital de maintenir voire d'améliorer la qualité des sols à travers le choix de pratiques agro-viticoles appropriées. Cela passe nécessairement par l'implication active de tous les acteurs concernés.

La profession viticole champenoise a mis au point un système de management environnemental à l'échelle de l'aire AOC. Quatre grands enjeux ont été définis, dont un volet « Terroir, Biodiversité et Paysages ».

Notre projet VitiEcoBioSol abordera les questions de savoir quelles sont les évolutions passées, et actuelles des pratiques agro-viticoles qui contribuent au mieux à la préservation des sols et de leur biodiversité aujourd'hui et comment réfléchir, à l'échelle d'une interprofession et d'une AOC, la place occupée par la préservation des sols et de la biodiversité dans les actions et les intentions des vignerons.

Cette démarche intégrative « opérationnelle » sera basée sur l'objectif principal suivant : comment synthétiser toutes les connaissances acquises depuis 25 ans pour construire un référentiel d'interprétation « bio-pédo-agro-viticole » sur l'évolution de l'activité biologique et de la biodiversité dans les sols en relation avec l'évolution des pratiques ?

Une première réflexion sera menée sur les démarches à mettre en œuvre pour (1) l'élargir à l'ensemble de l'AOC, (2) pour savoir comment enclencher et développer une réflexion approfondie avec les professionnels sur la façon dont ils intègrent ou non les notions de qualité des sols et de biodiversité dans leur rationalité et leurs pratiques agro-viticoles (3) pour savoir comment sensibiliser l'Interprofession sur la gestion des sols et de la biodiversité de manière à leurs permettre de communiquer auprès des professionnels via la presse spécialisée et auprès du grand public via les médias (journaux, TV, etc.).

La restitution des résultats aux professionnels se fera tout d'abord via des fiches techniques et des fiches argumentaires (supportées par la cartographie) et des outils de formations spécifiques seront créés pour permettre à ces professionnels de procéder aux observations et relevés souhaités de la biodiversité.

L'implication directe des acteurs professionnels est une originalité de ce projet. Ces travaux devront permettre aux viticulteurs de s'approprier les concepts et le vocabulaire liés à la conservation et la gestion de la biodiversité présentes dans les sols viticoles.

### Mots-clés :

Pratiques agro-viticoles; Champagne ; management environnemental ; AOC ; préservation des sols ; référentiel d'interprétation « bio-pédo-agro-viticole » ; gestion de la biodiversité des sols ; sensibilisation

## **BIOTECHNOSOL - Biodiversité et fonctionnement d'un Technosol construit utilisé dans la restauration de friches industrielles**

**Coordinateur :** Jérôme CORTET – INPL / INRA

**Année de commencement :** 2009

**Durée du projet :** 3 ans

### **Résumé :**

Les informations concernant la dynamique spatio-temporelle et le rôle des communautés sur des sols jeunes sont encore mal connus. C'est particulièrement vrai concernant les Technosols, dont la majorité des matériaux constitutifs est d'origine anthropique (technologique), et qui sont actuellement en forte expansion du fait de l'artificialisation croissante des sols. Dans le cadre du GISFI (Groupement d'Intérêt sur les Sols de Friches Industrielles) et du programme « Sols Virtuels » de l'INRA, nous proposons de contribuer à la modélisation des stades précoces de la pédogénèse des Technosols construits à partir de déchets (sous produits papetiers et terres industrielles traitées, composts de déchets verts), qui pourraient être utilisés à grande échelle pour restaurer les sites fortement dégradés par les activités humaines. L'utilisation de ce Technosol permettrait d'ouvrir une nouvelle voie à la filière « déchets » et éviterait l'utilisation de terres agricoles pour restaurer les sites dégradés. La question principale du projet porte sur la capacité de ce Technosol à assurer les fonctions essentielles d'un sol naturel, plus particulièrement le développement d'un couvert végétal, ce qui implique la restauration du potentiel de fertilité physico-chimique. Nous posons dans ce projet pour hypothèse que les organismes du sol, à travers leur diversité et complémentarité fonctionnelle, sont des acteurs essentiels pour assurer cette fonction, par l'intermédiaires de processus physiques (agrégation, bioturbation) et chimiques (cycles du carbone et de l'azote). Pour ce faire, une parcelle de plus de 1 ha, comportant 2 modalités de Technosols construits, mise en place en octobre 2007 sur une ancienne friche industrielle, est aujourd'hui entièrement dédiée à la recherche scientifique et équipée à cet effet. Un groupe de travail constitué d'un consortium de laboratoires, comportant des écologues spécialistes de différents groupes biologiques (micrororganismes, microfaune, mésofaune, macrofaune), agronomes et biophysiciens du sol a été constitué. Des prélèvements ont été effectués au printemps 2008, sur la plupart des organismes clés, montrant le caractère pionnier du système : présence de micro-organismes, microfaune entièrement bactériovore, absence de macrofaune notamment. Il s'agira ici de suivre les organismes sur une période de 3 ans, ainsi que différents paramètres fonctionnels liés à l'activité de ces organismes (respirométrie, décomposition), à l'agrégation et la bioturbation (associations organominérales, faciès de bioturbation) et au transfert d'éléments (décomposition, chimie des sols, croissance des plantes). Le traitement des données portera sur le croisement des données acquises, afin de mettre en lumière les paramètres biologiques et physicochimiques essentiels dans les processus de ce Technosol. On utilisera notamment le data mining. Par ailleurs, ce projet devrait permettre d'acquérir des informations sur la dynamique spatiale du système, à travers une grille d'échantillonnage cohérente.

### **Mots-clés :**

Technosols ; artificialisation des sols ; GISFI (Groupement d'Intérêt sur les Sols de Friches Industrielles) ; « Sols Virtuels » ; pédogénèse ; organismes du sol

# **ANNUAIRE des PARTICIPANTS**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Organisme</b>	<b>Adresse mail</b>
Pierre ADAM	Université de Strasbourg - Institut de Chimie	<a href="mailto:padam@unistra.fr">padam@unistra.fr</a>
Dominique ANDRIEU	Université de Tours	<a href="mailto:dominique-andrieu@univ-tours.fr">dominique-andrieu@univ-tours.fr</a>
Patrick ANDRIEUX	INRA - UMR Lisah	<a href="mailto:patrick.andrieux@supagro.inra.fr">patrick.andrieux@supagro.inra.fr</a>
Véronique ANTONI	MEDDTL/SOeS	<a href="mailto:veronique.antoni@developpement-durable.gouv.fr">veronique.antoni@developpement-durable.gouv.fr</a>
Ingrid ARNAULT	Université de Tours	<a href="mailto:ingrid.arnault@univ-tours.fr">ingrid.arnault@univ-tours.fr</a>
Christelle ASSEGOND	Université de Tours	<a href="mailto:christele.assegond@univ-tours.fr">christele.assegond@univ-tours.fr</a>
Jacques AUGER	Université de Tours - IRBI	<a href="mailto:auger@univ-tours.fr">auger@univ-tours.fr</a>
Marion BARDY	MEDDTL/CGDD/DRI/SR	<a href="mailto:marion.bardy@developpement-durable.gouv.fr">marion.bardy@developpement-durable.gouv.fr</a>
Enrique BARRIUSO	INRA - UMR Environnement et Grandes Cultures	<a href="mailto:barriuso@grignon.inra.fr">barriuso@grignon.inra.fr</a>
Bernard BARTHES	IRD - UMR Eco&Sol	<a href="mailto:bernard.barthes@ird.fr">bernard.barthes@ird.fr</a>
Martial BERNOUX	IRD - UMR Eco&Sol	<a href="mailto:Martial.Bernoux@ird.fr">Martial.Bernoux@ird.fr</a>
Antoine BERETTI	Montpellier SupAgro - UMR LAMETA	<a href="mailto:antoine.beretti@supagro.inra.fr">antoine.beretti@supagro.inra.fr</a>
Jacques BERTHELIN	CNRS - LIMOS	<a href="mailto:jacques_berthelin@limos.uhp-nancy.fr">jacques_berthelin@limos.uhp-nancy.fr</a>
Anne BIARNES	INRA - UMR Lisah	<a href="mailto:biarnes@supagro.inra.fr">biarnes@supagro.inra.fr</a>
Philippe BILLET	Université Lyon 3 - Institut du Droit de l'Environnement	<a href="mailto:phbillet_sfde@yahoo.fr">phbillet_sfde@yahoo.fr</a>
Antonio BISPO	ADEME Service Agriculture et Forêts	<a href="mailto:Antonio.bispo@ademe.fr">Antonio.bispo@ademe.fr</a>
Corinne BITAUD	MAAPRAT/DGER	<a href="mailto:corinne.bitaud@agriculture.gouv.fr">corinne.bitaud@agriculture.gouv.fr</a>
Mathieu BONNEFOND	Université de Tours	<a href="mailto:mathieu.bonnefond@univ-tours.fr">mathieu.bonnefond@univ-tours.fr</a>
Louiza BOUKHARAEVA	Fondation Maison des Sciences de l'Homme	<a href="mailto:perdiag@cegetel.fr">perdiag@cegetel.fr</a>
Didier BOUTET	Université de Tours - UMR CITERES	<a href="mailto:didier.boutet@univ-tours.fr">didier.boutet@univ-tours.fr</a>
Patrice BUESO	MEDDTL/CGDD/DRI/SR	<a href="mailto:patrice.bueso@developpement-durable.gouv.fr">patrice.bueso@developpement-durable.gouv.fr</a>
Christine CHASSEGUET	Mairie de Tours - Direction Pars et Jardins	<a href="mailto:c.chasseguet@ville-tours.fr">c.chasseguet@ville-tours.fr</a>
Claire CHENU	AgroParisTech - UMR BIOEMCO	<a href="mailto:chenu@grignon.inra.fr">chenu@grignon.inra.fr</a>
Daniel CLUZEAU	Univ. Rennes 1 - UMR EcoBio	<a href="mailto:daniel.cluzeau@univ-rennes1.fr">daniel.cluzeau@univ-rennes1.fr</a>
Claude COMPAGNONE	AgroSup Dijon - Département économie et sociologie	<a href="mailto:c.compagnone@agrosupdijon.fr">c.compagnone@agrosupdijon.fr</a>
Maxime CORNILLON	INNOPHYT	

Nom et Prénom	Organisme	Adresse mail
Jérôme CORTET	INPL/ENSAIA - Laboratoire Sols et Environnement	<a href="mailto:Jerome.Cortet@ensaia.inpl-nancy.fr">Jerome.Cortet@ensaia.inpl-nancy.fr</a>
Cécile DELOLME	ENTPE - Laboratoire des Sciences de l'Environnement	<a href="mailto:cecile.delolme@entpe.fr">cecile.delolme@entpe.fr</a>
Christian DEVERRE	AgroParisTech - UMR SAD-APT	<a href="mailto:christian.deverre@agroparistech.fr">christian.deverre@agroparistech.fr</a>
Maylis DESROUSSEAUX	Université Lyon 3 - Institut du Droit de l'Environnement	<a href="mailto:maylis.desrousseaux@gmail.com">maylis.desrousseaux@gmail.com</a>
Fanny DROUET	Conservatoire National des Arts et Métiers-LEESU	
Florence DUBS	IRD-UMR BIOEMCO	<a href="mailto:florence.Dubs@ird.fr">florence.Dubs@ird.fr</a>
Thomas EGLIN	ADEME Service Agriculture et Forêts	<a href="mailto:thomas.eglin@ademe.fr">thomas.eglin@ademe.fr</a>
Isabelle FEIX	ADEME Direction Productions et Energie Durables	<a href="mailto:isabelle.feix@ademe.fr">isabelle.feix@ademe.fr</a>
Christian FELLER	AFES	<a href="mailto:christian.feller@ird.fr">christian.feller@ird.fr</a>
Vincent FERSTLER	MEDDTL/DGALN/DEB	<a href="mailto:vincent.ferstler@developpement-durable.gouv.fr">vincent.ferstler@developpement-durable.gouv.fr</a>
Olivier FOUCHE	CNAM - LEESU	<a href="mailto:olivier.fouche@cnam.fr">olivier.fouche@cnam.fr</a>
Géraldine FY	Chambre d'Agriculture d'Indre et Loire	
Emmanuel GACHET	ANSES	<a href="mailto:emmanuel.gachet@anses.fr">emmanuel.gachet@anses.fr</a>
Patricia GARNIER	INRA - UMR EGC	<a href="mailto:pgarnier@grignon.inra.fr">pgarnier@grignon.inra.fr</a>
Emmanuelle GARRIGUES	INRA - UMR SAS	<a href="mailto:emmanuelle.garrigues@rennes.inra.fr">emmanuelle.garrigues@rennes.inra.fr</a>
Arnaud GAUFFIER	APCA - Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture	<a href="mailto:arnaud.gauffier@apca.chambagri.fr">arnaud.gauffier@apca.chambagri.fr</a>
Alain GENIN	Université de Tours	<a href="mailto:alain.genin@univ-tours.fr">alain.genin@univ-tours.fr</a>
Catherine GIBAUD	MAAPRAT/DGPAAT	<a href="mailto:catherine.gibaud@agriculture.gouv.fr">catherine.gibaud@agriculture.gouv.fr</a>
Alexia GOBRECHT	CEMAGREF - UMR ITAP	<a href="mailto:alexia.gobrecht@cemagref.fr">alexia.gobrecht@cemagref.fr</a>
Claire HUBERT	MEDDTL/CGDD/DRI/SR	<a href="mailto:claire.hubert@agriculture.gouv.fr">claire.hubert@agriculture.gouv.fr</a>
Catherine KELLER	Université Aix-Marseille III - CEREGE	<a href="mailto:keller@cerege.fr">keller@cerege.fr</a>
Dominique KING	INRA - Unité de Science du Sol	<a href="mailto:dominique.king@orleans.inra.fr">dominique.king@orleans.inra.fr</a>
Marie-Laure LAMBERT-HABIB	Université Paul Cézanne - Aix-Marseille	<a href="mailto:ml.lambert@wanadoo.fr">ml.lambert@wanadoo.fr</a>
Sophie LEGRAS	INRA - UMR CESAER	<a href="mailto:sophie.legras@dijon.inra.fr">sophie.legras@dijon.inra.fr</a>
Robert LIFRAN	INRA - UMR LAMETA	<a href="mailto:lifran@supagro.inra.fr">lifran@supagro.inra.fr</a>
Marcel MARLOIE	INRA - UR MONA	<a href="mailto:perdiag@cegetel.fr">perdiag@cegetel.fr</a>

Nom et Prénom	Organisme	Adresse mail
Elsa MARTIN	INRA - UMR CESAER	<a href="mailto:elsa.martin@dijon.inra.fr">elsa.martin@dijon.inra.fr</a>
Jérôme MOUSSET	ADEME Service Agriculture et Forêts	<a href="mailto:jerome.mousset@ademe.fr">jerome.mousset@ademe.fr</a>
Christophe MOUVET	BRGM	<a href="mailto:c.mouvet@brgm.fr">c.mouvet@brgm.fr</a>
Damien MUNIER	Université de Tours	
Pascal OILLIC	Université de Tours	<a href="mailto:pascal.oillic@gmail.com">pascal.oillic@gmail.com</a>
Marc-André PHILIPPE	Université de Tours	<a href="mailto:maphilippe@univ-tours.fr">maphilippe@univ-tours.fr</a>
Benoît PIN	Université de Tours	<a href="mailto:benoitpin@yahoo.fr">benoitpin@yahoo.fr</a>
David PORCO	Université de Rouen - EA 1293 ECODIV	<a href="mailto:dporco@uoguelph.ca">dporco@uoguelph.ca</a>
Agnès RICHAUME-JOLION	Université Lyon 1 - UMR Ecologie Microbienne	<a href="mailto:richaume@univ-lyon1.fr">richaume@univ-lyon1.fr</a>
Elisabeth RINIE	MEDDTL/CGEDD	<a href="mailto:Elisabeth.Rinie@developpement-durable.gouv.fr">Elisabeth.Rinie@developpement-durable.gouv.fr</a>
Sylvie SERVAIN-COURANT	Université de Tours	<a href="mailto:servain@ensnp.fr">servain@ensnp.fr</a>
Philippe SCHAEFFER	Université de Strasbourg - Institut de Chimie	<a href="mailto:pschaeffer@chimie.u-strasbg.fr">pschaeffer@chimie.u-strasbg.fr</a>
Véronique SOUCHERE	INRA - UMR SAD-APT	<a href="mailto:souchere@grignon.inra.fr">souchere@grignon.inra.fr</a>
Siobhan STAUNTON	INRA - UMR Eco&Sols	<a href="mailto:staunton@montpellier.inra.fr">staunton@montpellier.inra.fr</a>
Céline TANGUAY	Agence de l'urbanisme de l'agglomération de Tours	<a href="mailto:tanguay@atu37.org">tanguay@atu37.org</a>
Luc THIEBAUT	AgroSup Dijon - UMR CESAER	<a href="mailto:thiebaut@enesad.inra.fr">thiebaut@enesad.inra.fr</a>
Christian VALENTIN	IRD	<a href="mailto:christian.valentin@ird.fr">christian.valentin@ird.fr</a>
Emmanuelle VAUDOUR	INRA - Unité « Environnement et Grandes Cultures »	<a href="mailto:emmanuelle.vaudour@grignon.inra.fr">emmanuelle.vaudour@grignon.inra.fr</a>
Elisabeth VERAME	Observatoire des Sols Vivants	<a href="mailto:elisabeth.verame@wanadoo.fr">elisabeth.verame@wanadoo.fr</a>
Marie-Agnès VIBERT	MAAPRAT/DGPAAT/SSADD	<a href="mailto:marie-agnes.vibert@agriculture.gouv.fr">marie-agnes.vibert@agriculture.gouv.fr</a>
Christian WALTER	Agrocampus Rennes - UMR Sols, Agronomie et Spatialisation (SAS)	<a href="mailto:christian.walter@agrocampus-rennes.fr">christian.walter@agrocampus-rennes.fr</a>
Françoise WATTEAU	INPL/ENSAIA - Laboratoire Sols et Environnement	<a href="mailto:Francoise.Watteau@ensaia.inpl-nancy.fr">Françoise.Watteau@ensaia.inpl-nancy.fr</a>
Thierry WINIARSKI	ENTPE - L.S.E	<a href="mailto:thierry.winiarski@entpe.fr">thierry.winiarski@entpe.fr</a>
Jean-Louis YENGUE	Université de Tours	<a href="mailto:yengue@univ-tours.fr">yengue@univ-tours.fr</a>
François-Robert ZACOT	Ethnologos	<a href="mailto:ethnologos@hotmail.com">ethnologos@hotmail.com</a>