



# La pédologie: source d'innovations pour l'agriculture

PÔLE SUD  
P A R I S

Compte-rendu des XXVIII<sup>Èmes</sup> SYNAPSES<sup>(1)</sup> du Grand GÂTINAIS  
à l'INSEAD de Fontainebleau (Seine-et-Marne) le 17/10/2017

[Entendre et voir des extraits de l'évènement ici](#)

**Résumé:** *l'agriculture - la production des végétaux en particulier - vit sa révolution induite par le numérique avec des générateurs de données (ou 'datas' de capteurs et objets connectés...). Aujourd'hui, on sait piloter et robotiser des processus de culture avec ces données, et moduler tous les 30 m les doses de semence, engrais, et produits chimiques apportés dans le sol. Mais l'origine de ces données est principalement extérieure au sol. Demain, on saura caractériser le sol - ce milieu vivant - tous les 30 m pour en extraire des données fondamentalement utiles pour le dosage des produits apportés, et pour le stockage du CO<sup>2</sup> responsable de dérèglements climatiques: un champ immense d'innovations à venir, que dix intervenants présagent...*



**A. Denis Oulés, président de PÔLE SUD PARIS<sup>(2)</sup>** souhaite la bienvenue aux quelque 170 participants et dix intervenants, et **remercie l'INSEAD** en la personne d'Eric Ponsonnet (Directeur administratif et financier) pour son accueil dans le grand amphithéâtre. Il salue la présence d'Elus territoriaux, ainsi que des responsables de coopératives agricoles. Il se félicite de la présence d'étudiants Bac + 1 ou 2 du Lycée proche François 1er qui préparent leur admission en écoles d'ingénieurs Agro.

**Et il présente les excuses** de nombreuses personnalités (Sénateurs, Députés, Présidents de Conseils Départementaux ou communautaires)...

**B. Denis Oulés rappelle que l'association PÔLE SUD PARIS** est née spontanément il y a douze ans lors d'une réunion autour d'une dizaine de responsables ou représentants des quelque deux mille chercheurs-ingénieurs (invités à exposer le domaine de leurs travaux) identifiés dans le Grand GÂTINAIS<sup>(3)</sup> avec deux convictions:

★ **C'est l'économie productive d'un territoire** ou d'un pays qui, avec l'intelligence de ses chercheurs et ingénieurs, élabore des produits agronomiques, sylvicoles et aquacoles de son sol (pour l'alimentation et aussi dans l'habitat, pour la santé, etc.) et des produits industriels (dont des matières premières sont extraites du sous sol): produits indispensables qu'on évite d'importer d'une part, et produits séduisant des acheteurs étrangers que l'on exporte d'autre part.

(1) Les compte rendus des évènements SYNAPSES sont [ici](#).

(2) Abréviation: PSP

(3) Consulter l'analyse [socio-économique de ce territoire par l'IAU Île-de-France ici](#)

# La pédologie: source d'innovations pour l'agriculture

★ **Ce sont les emplois de ces activités productives** (dont les secondes exportent dans des marchés internationaux pour acquérir produits et matières nécessaires absents du territoire...), **qui génèrent les emplois de l'économie résidentielle** (pour naître, s'alimenter et se loger, acquérir des connaissances, abriter les équipements productifs, se soigner, se défendre, se cultiver, etc.) et les ressources pour des missions régaliennes de l'Etat et son système social (santé, famille, retraites...). Pas de services résidentiels et publics ou sociaux, ni d'entreprises de BTP et d'hôpitaux, sans des systèmes productifs capables de vendre dans la compétition internationale des produits finaux avec leurs services associés, équilibrant la balance commerciale d'échanges du pays<sup>1</sup>.

★ L'action politique pour les emplois de l'économie résidentielle relève des Communautés de communes ou d'agglomération. Celle pour l'économie productive relève des Régions: cette conviction exprimée dès 2005 est actée par la loi NOTRe de 2015, et le Grand GÂTINAIS est un bassin de développement pertinent aux confins de trois Régions. Sur ce territoire, PÔLE SUD PARIS fait des mises en relation pour des créateurs d'activités nouvelles, avec des pôles de recherche, de grandes ou petites entreprises, des investisseurs, etc.

C. Denis Oulés rappelle la succession des 13°, 17°, 23°, 24° SYNAPSES dont le thème était l'innovation dans un maillon de la chaîne alimentaire, et **résume le programme** de ce jour. Il présente [Francesca Degan](#) qui animera les exposés des intervenants: Francesca Degan est pédologue pour [ARVALIS](#) et [l'ACTA](#).



D. [Antonio Bispo](#) (Directeur de l'unité de services [Infosol](#) à L'[INRA](#))



introduit le concept de la pédologie: le sol se forme à partir de roches mères, d'organismes vivants, de climat et de temps. Il faut 1000 ans pour former un cm de sol: c'est une ressource renouvelable mais sur très longue période de temps.

Il y a une grande diversité des sols, fonction de la géologie, du climat...

Le sol a de nombreuses fonctions: il est support de l'ouvrage humain, protège le patrimoine culturel, boucle les cycles biochimiques, et est réservoir immense de biodiversité. On estime que les sols hébergent un quart des espèces vivantes sur terre et un centième seulement de cette biodiversité est connu. De plus, il régule le cycle de l'eau, il permet la séquestration du carbone et peut contribuer à la lutte contre le dérèglement climatique.

On compte plus de sols non fertiles que fertiles à l'échelle mondiale (Afrique, Chine...). Les bons sols sont assez rares à l'échelle planétaire et font l'objet de spéculations: ces sols sont l'objet de fortes pressions (alimentation, bio-économie, urbanisation) et on parle de « course aux sols ».

Face à ces enjeux, il est nécessaire de mieux connaître les sols pour mieux les gérer. Dans ce but, un inventaire des sols de France est en cours. Pour mieux les connaître, des outils de caractérisation et des descripteurs doivent être définis (y compris via les

---

<sup>1</sup> Des économistes estiment qu'un emploi de l'économie productive est à la source de trois à six emplois de l'économie résidentielle : Cf. les travaux de Laurent Davezies et son livre « La crise qui vient ».

# La pédologie: source d'innovations pour l'agriculture

sciences participatives). Les descripteurs portent sur les caractéristiques physico chimiques, biologiques ainsi que les mécanismes de dégradation.

Pour cela, il est nécessaire de disposer d'une métrologie innovante (par exemple des enregistrements acoustiques: le ver de terre ne fait pas le même bruit quand il creuse sa galerie que quand il y circule) mais aussi d'outils de géolocalisation et de cartographie numérique. Cela nécessite aussi des outils de diffusion des informations/ conseils, de porter à connaissance y/c par jeux vidéo.

E. [Lauric Cecillon](#) ([IRSTEA](#) - [département Territoires](#) - et ENS Ulm) explique des caractéristiques physico chimiques du sol.

Physique du sol : est-ce que le sol est compacté ou non ? Dans un sol compacté, les racines ne peuvent pas s'ancrer et puiser des nutriments en profondeur. Pour remédier aux défauts de compactations, un pneu de tracteur a été créé limitant la pression exercée sur le sol et une régulation de la pression en temps réel. Ces technologies permettent de suivre la compaction du sol. En complément une surveillance de l'état hydrique du sol en temps réel est possible grâce aux techniques de télédétection à haute résolution.

Chimie du sol: un des descripteurs est le suivi du pH du sol. Un sol trop acide est moins productif et cette acidification est corrigée par le chaulage du sol. La CEC (Capacité d'Echange Cationique) est un descripteur important.

L'autre descripteur est le carbone organique du sol: la moitié de la Matière Organique (MO) présente dans les sols est sous forme de carbone. Elle est source d'énergie pour tous les êtres vivants: la MO piège à nutriments, crée de la capacité d'échange cationique et un sol riche en carbone a des agrégats stables, moins sensibles à l'érosion; de plus le carbone filtre les polluants. Dans les sols, il y a deux fois plus de carbone stocké sous forme de MO que dans l'atmosphère. Les échanges dynamiques entre le réservoir atmosphérique et celui du sol sont fondamentaux.

Des socs équipés de capteurs avec spectromètre à infra rouge permettant d'établir une carte en temps réel du PH (technologie de l'Université de Cranfield).

L'initiative <4/1000> vise à augmenter les stocks de carbone du sol notamment par la mise en œuvre de techniques adéquates (implantation de haies, de cultures intermédiaires, etc.). En 2018, l'estimation du potentiel de séquestration nette du CO<sup>2</sup> deviendra obligatoire pour les grandes inter Communalités.

Face au risque de perte de carbone, il devient indispensable d'identifier les zones à protéger (sols riches en carbone) et celles devant stocker du carbone. Des technologies capables de quantifier le taux de carbone perdu par année dans un sol doivent être définies. Ceci permettra le contrôle des entrées et des sorties du carbone contenu dans un sol.

Il restera quelques inconnues: quid du carbone en profondeur? Quelle relation entre la concentration en carbone du sol et le stock de carbone?





# La pédologie: source d'innovations pour l'agriculture

**Lionel Ranjard** ([INRA, Directeur de recherches en biologie du sol et agro-écologie](#)): le sol ne doit plus être considéré comme un support de production inerte mais comme un patrimoine biologique à même de rendre des services.



Les sols contiennent une grande diversité d'organismes vivants. Depuis les microorganismes jusqu'à la macro faune, 25% de la biodiversité mondiale se trouve dans les sols. Dans 1g de sol on estime 1 milliard de bactéries parmi 1 million d'espèces et 1 million de champignons avec 100 000 espèces.

Les microorganismes s'adaptent à toutes les conditions du sol, ils agissent sur la minéralisation, la structuration, la dépollution, la lutte contre les pathogènes. Dans le cadre d'expérimentations où l'on réduit de 30% la diversité microbienne d'un sol: on perd 40% de la MO et 50% de la productivité végétale, on perd 50% de la stabilité structurale du sol, et on augmente cinq fois plus le temps de résidence des pathogènes du sol par absence d'antagonisme.

Les communautés microbiennes peuvent être caractérisées par la métagénomique. Deux descripteurs sont utilisés : la biomasse moléculaire microbienne mesurée par la quantité d'ADN du sol et l'inventaire taxonomique par séquençage massif.

A partir de ces mesures il est possible de réaliser une cartographie de la biomasse microbienne et de sa diversité. Il est aussi possible de suivre l'évolution de cette biomasse microbienne et de bâtir des modèles prédictifs avec des seuils. Avec ces outils, il est possible d'évaluer les effets des pratiques agricoles. Par exemple on sait que le labour traditionnel réduit l'abondance microbienne. Les fertilisants organiques sont à privilégier aux engrais de synthèse. En revanche, à ce jour il n'est pas possible de conclure sur les effets des produits de protection des plantes.

Ces connaissances permettent de former les praticiens (agriculteurs, conseillers agricoles...) et de faire évoluer les pratiques tout en préservant les productions agricoles. Dans ce contexte, les buts des recherches sont de continuer à produire des connaissances mais aussi de s'investir dans le transfert de ces connaissances et des outils nécessaires à les produire. Il sera aussi impératif de favoriser la massification des données réelles y compris au moyen des sciences participatives.

C'est dans cet esprit qu'un projet CASDAR : Agrinnov a été élaboré pour équiper les agriculteurs afin qu'ils puissent évaluer les impacts de leurs pratiques sur la microbiologie de leurs sols.

**F. Philippe Michonneau** (Coopérative [SCARA](#): Responsable Pôle Agronomie, Innovation, Services): de nombreuses coopératives travaillent déjà par filières (ex LU Harmony) allant de la production au consommateur (de la fourche à la fourchette). Dans le cadre de ces filières l'analyse de sol est un outil indispensable.



La gestion de l'azote est assurée par différents outils de pilotage : N-Pilot, N Tester, Jubil, N-Sensor, Farmstar, Cerelia... notamment dans les filières céréalières pour lesquelles le taux de protéines des grains est directement lié à la fumure azotée.

Par ailleurs un groupe d'agriculteurs suit la microbiologie des sols à titre expérimental.

# La pédologie: source d'innovations pour l'agriculture

G. **Eric Gobard** est Exploitant agricole de grandes cultures dans la région de Coulommiers, et situé dans une zone à enjeux « eau » avec notamment une partie de l'exploitation en zone de captage pour Paris. Cela l'a conduit à convertir une partie de son exploitation (70 ha) en agriculture biologique et à produire des farines bio et des sablés vendus en circuit court. **Il a insisté sur les besoins de sciences et d'innovation.**

Son suivi du sol se fait par analyse de la CEC, par un suivi de la fertilité des sols notamment grâce à des capteurs de rendement et le suivi de P, K et Mg. Il note sur son parcellaire la « mémoire » du sol qui fait ressortir les anciens découpages des parcelles encore aujourd'hui après plus de 200 ans de cultures.



## H. Questions / Réponses avec les invités:

1. **Qu:** sait on si le niveau de MO augmente ou baisse dans les sols français?

**R:** difficile de répondre en zone agricole, en revanche un suivi est en cours dans les sols forestiers.

**Qu:** Quid de l'effet du labour ou non sur le carbone qui influence le débat concernant le glyphosate?

**R:** pas de réponse précise a ce jour car il semble que cela soit variable suivant les sols.

I. **Matthieu Valé** (**AUREA**, responsable technique agricole): AUREA Agro science est un laboratoire d'analyse de plusieurs constituants agronomiques (sols, terres, végétaux).

Comment évaluer la qualité biologique des sols ?

*Abondance et caractéristique de la masse microbienne :*

- Mesure des biomasses microbiennes,
- Fractionnement de la MO et datation
- Métabolites microbiens

Activité biologique du sol

- Activité enzymatique,
- Potentiel de minéralisation

Diversité biologique

- Aptitudes métaboliques
- ADN microbien



Il s'agit d'indicateurs complémentaires à l'analyse de terre, utilisés dans la recherche, la prédiction, et la modélisation. En revanche c'est encore un marché de niche dont il faut optimiser la productivité et le prix de revient des analyses.

AUREA a répondu à un appel à projets de l'ADEME afin de mettre au point :

- des indicateurs optimisés et industrialisés, mode d'échantillonnage optimisés,
- Travail sur l'interprétation des résultats.
- Dématérialisation des informations

# La pédologie: source d'innovations pour l'agriculture

Il s'agit du projet AGRO ECO SOL qui débutera en janvier 2018 (durée 4 ans) et qui vise au développement d'une filière technique et économique sur le diagnostic et le conseil pour une gestion agro-écologique des sols cultivés.

Les résultats devraient apporter des outils de mesure, des algorithmes de conseils, des formations, et une dématérialisation des échanges de données (smartphone, tablettes, etc.)

- J. **Alexandre Weil** (Créateur de **PRECIFIELD**) travaille avec des scanners qui mesurent la conductivité (un courant électrique est envoyé dans le sol) et la réflectance des sols (par Infra-rouge). Ces dispositifs couplés à un système GPS, permettent de produire des cartes de texture, de Matière Organique et de topographie des parcelles.



En plus de ces trois cartes, PRECIFIELD produit deux cartes d'applications:

- une carte des zones de potentiels,
- et une carte des teneurs en engrais de fond (P et K)

D'autres projets sont à l'étude, comme la modélisation des stress hydriques dans l'optique d'une irrigation optimisée, la modulation d'apports de produits phyto-pharmaceutiques, voire la modélisation de pathogènes.

- K. **Stéphanie Ferreira** (**GENOSCREEN**, Directrice du développement) développe des outils visant à analyser l'ADN. A partir de ces analyses il est possible de connaître la masse microbienne et de les inventorier grâce à des séquenceurs de masse.

Genoscreen participe à un projet BIMM SOL (avec le soutien de l'ADEME) pour l'industrialisation des outils d'analyse devant conduire à une « démocratisation » de l'analyse d'ADN. Au moyen d'une standardisation des processus et en simplifiant et optimisant l'accessibilité des données. Tout cela dans un souci de répétabilité et reproductivité.



Et donc les analyse du sol, ciblent la biomasse (quantité), la diversité (séquençage d'ADN), la taxonomie (identification des espèces). On va vers une approche plus rapide et automatisée des données du sol. Il faut que ces données soient repérées dans un référentiel qui leur confère une valeur certaine.

- L. **Christian Saguez** (Président fondateur de **TERATEC**, président de **CybeleTech** et membre de l'Académie des technologies) fait une **synthèse conclusive**.



L'agriculture est un secteur prometteur en matière de hautes technologies. Son fort potentiel de développement a des conséquences sur les utilisateurs de la sphère agricole. La tendance est axée sur le développement d'un savoir affirmé de l'agriculture: ce secteur est très riche, car il faut tenir compte de l'ensemble biocénose/sol/atmosphère, ces composantes étant dynamiquement intriquées.

Le sol est un élément fondamental et la mesure des caractéristique physico chimiques et biologiques des sols est une nécessité.

# La pédologie: source d'innovations pour l'agriculture

Pour ce faire le développement de capteurs doit être accéléré et industrialisé. Ces capteurs doivent être couplés à la variable « temps » qui est sous-jacente à toutes les entreprises agricoles et permet la prévision. La prévision est éminemment importante dans l'optimisation des systèmes agricoles.

Tout cela conduit à une optimisation de chaînes de valeurs à mettre en place pour répondre aux besoins du consommateur avec des transformations de la plante.

En somme l'agriculture a des enjeux extrêmement dynamiques (Agriculture 4.0)

Par ailleurs cette production n'est pas délocalisable, il faut donc trouver des stratégies pour la rendre compétitive en reliant la chaîne agroalimentaire et la chaîne numérique.

**M. Denis Oulés** remercie chaleureusement tous les intervenants, et particulièrement Francesca Degan pour sa préparation et son animation.

Il considère que ces exposés sont une moisson précieuse pour suggérer la création, dans le Grand Gâtinais qui est riche de sols variés (aux confins de la Beauce, de la Bourgogne, de la Champagne et de la Brie), d'un pôle à vocation internationale pour développer et exporter des innovations technologiques dans les domaines présentés.

Il informe de ce que la Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne est en train de terminer un grand chantier de cartographie des sols du Département: ces exposés révèlent une convergence de conception de développements à venir...

Il invite à [adhérer à PÔLE SUD PARIS](#) pour soutenir ces ambitions de <Végétal 4.0>

---

Fidèle à la tradition des SYNAPSES du Grand GÂTINAIS, il fait ensuite présenter par des innovateurs de produits nouveaux ayant un certain rapport (même lointain) avec le thème du jour:



**1. Laurent Berlie** pour [EONA](#) présente des diffuseurs d'huiles essentielles de plantes de Milly-la-Forêt, avec la coopération de Jack Lisiak ([NOXAN](#)), Kimo Boissonnier ([PROMISTEL](#)) et Pascal Leccia ([INALZA](#))



**2. Younes El Hajjami** pour [RUTABAGO](#) présente ses plats cuisinés...

*(Rédaction: André Fougeroux - membre correspondant de l'Académie d'Agriculture & DO, avec le concours des étudiants de BCPST du Lycée International François 1er : 21-11-2017)*