

# 11<sup>èmes</sup> Rencontres

20 - 21  
novembre 2013

de la fertilisation raisonnée et de l'analyse - Palais des congrès du futuroscope à Poitiers

## Et si nous faisons un petit tour à l'ouest...

Après l'Est en 2011, le COMIFER et le GEMAS partent vers l'ouest pour de nouvelles aventures.

Ils organisent, avec la participation de l'AFES, le 20 et 21 novembre 2013 au Palais des congrès du futuroscope à Poitiers leurs 11<sup>èmes</sup> rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse.

Au programme de cette 11<sup>ème</sup> édition, 4 sessions pour balayer les nouveautés issues des travaux sur la fertilisation raisonnée et de l'analyse :

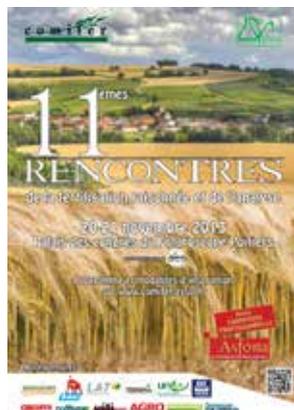
**1<sup>ère</sup> session** : Bilan, État des lieux, présidée par Dominique ARROUAYS, Président de l'AFES,

**2<sup>ème</sup> session** : Méthodes, Analyses, présidée par Philippe EVEILLARD, président du COMIFER,

**3<sup>ème</sup> session** : Diagnostic, Modèles, présidée par François SERVAIN, Président du GEMAS,

**4<sup>ème</sup> session** : Perspectives, présidée par Sylvie RECOUS, INRA – RMT Fertilisation & Environnement

Ces 4 sessions riches en contenu seront l'occasion de faire le point des avancées scientifiques et techniques et de débattre des moyens pour améliorer la gestion de la fertilité des sols et le raisonnement de la fertilisation raisonnée, en s'appuyant en particulier sur des analyses, en termes de soutien à l'innovation pour une pérennité de nos terres. Les actes de ces rencontres, ainsi que des interviews seront téléchargeables sur le site du COMIFER [www.comifer.asso.fr](http://www.comifer.asso.fr), à la suite des Rencontres. ●



Ils nous racontent  
Les prochaines  
Rencontres vu par  
**Philippe EVEILLARD,**  
Président du COMIFER  
et **François SERVAIN,**  
Président du GEMAS.



**Philippe  
EVEILLARD**

Président du COMIFER

Le COMIFER s'intéresse au champ de connaissances et de pratiques agronomiques qui concerne la fertilité des sols et la nutrition des cultures. L'agronomie, élément essentiel de raisonnement des systèmes de culture, se situe au centre du projet agroécologique lancé par Stéphane Le Foll, ministre de l'agriculture.

A lire en page 2.



**François  
SERVAIN**

Président du GEMAS

Le sol est à la fois le support de développement et la réserve alimentaire des cultures. A ce titre, il est à l'origine de toutes les denrées agricoles. Mais les bénéfices qu'il rend dépassent largement ce contexte.

A lire en page 3.

## Ils soutiennent l'édition 2013



## SOMMAIRE

|   |  |                            |
|---|--|----------------------------|
| INTERVIEW DE PHILIPPE EVEILLARD ..... 2 | PRÉSENTATION 1 <sup>ÈRE</sup> SESSION ..... 6  | LISTE DES POSTERS ..... 59 |
| INTERVIEW DE FRANÇOIS SERVAIN ..... 3   | PRÉSENTATION 2 <sup>ÈME</sup> SESSION ..... 19 | EXPOSITION ..... 63        |
| INTERVIEW DE LUC SERVANT ..... 4        | PRÉSENTATION 3 <sup>ÈME</sup> SESSION ..... 32 | NOS PARTENAIRES ..... 64   |
| INTERVIEW DE DOMINIQUE ARROUAYS ... 4   | PRÉSENTATION 4 <sup>ÈME</sup> SESSION ..... 45 |                            |
| INTERVIEW DE SYLVIE RECOUS ..... 5      |  |                            |

# CONNAISSANCES ET PRATIQUES AGRONOMIQUES

## Philippe EVEILLARD

Président du COMIFER

Ingénieur agronome, après une expérience d'une vingtaine d'années dans le développement et dans l'agrofourniture à des fonctions de marketing et de promotion agronomique notamment à la société des potasses d'Alsace, il entre en 2003 à l'UNIFA (Union des Industries de la Fertilisation) comme responsable Agronomie et Environnement pour toutes les questions concernant l'utilisation des engrais minéraux, des engrais organo-minéraux et des amendements minéraux basiques.

Il participe activement aux travaux du COMIFER et prend la présidence en 2004 du 3<sup>ème</sup> collège des acteurs économiques (fournisseurs, distributeurs) au Conseil d'administration du COMIFER.

Il devient président du COMIFER en 2010 et introduit pour la deuxième fois après Reims en 2011, les Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse au Centre des congrès du Futuroscope près de Poitiers. ●



*“Le COMIFER entend contribuer au développement du raisonnement agronomique en veillant au partage des nouvelles connaissances”*

Le COMIFER s'intéresse au champ de connaissances et de pratiques agronomiques qui concerne la fertilité des sols et la nutrition des cultures. L'agronomie, élément essentiel de raisonnement des systèmes de culture, se situe au centre du projet agroécologique lancé par Stéphane Le Foll, ministre de l'agriculture.

Le COMIFER entend contribuer au développement du raisonnement agronomique en veillant au partage des nouvelles connaissances et en faisant évoluer de consensus les méthodes de raisonnement utilisés par les agronomes.

Le COMIFER réunit les acteurs publics et privés qui œuvrent dans la recherche agronomique et auprès des agriculteurs. Il provoque les échanges entre les scientifiques, les techniciens et les agriculteurs pour partager de nouveaux acquis de la recherche mais aussi pour faire remonter les expériences du terrain. Il soulève de nouvelles questions liées à l'évolution des pratiques et des systèmes de culture. Cette circulation dans

les deux sens d'information et de connaissances fait l'originalité des Rencontres agronomiques COMIFER-GEMAS qui ont lieu tous les deux ans.

Le COMIFER intègre la double dimension du raisonnement agronomique et de la réduction des impacts environnementaux de la fertilisation. Il recherche une utilisation plus efficace des ressources minérale et organique de fertilisants qui s'accompagne d'une réduction de leurs impacts. Il accompagne les déclinaisons régionales de la méthode COMIFER du calcul prévisionnel de l'apport d'azote rendu obligatoire dans les zones vulnérables de la directive Nitrates depuis fin 2011.

Le COMIFER organise avec le GEMAS son partenaire historique les 11<sup>èmes</sup> Rencontres de la Fertilisation raisonnée et de l'analyse au Futuroscope près de Poitiers. Après Blois et Reims en 2011, cet événement organisé tous les deux ans poursuit son tour de France. LAFES (Association française d'étude des sols) et le RMT Fertilisation & environnement sont également associés aux Rencontres. Soyez-y les bienvenus et bonnes rencontres. ●

# ÉVOLUTION DES MÉTHODES



## François SERVAIN

Président du GEMAS

D'abord chargé d'étude au sein de la Station Agronomique de l'Aisne à Laon dans l'Aisne, il devient le responsable technique du Laboratoire d'Analyses de Terre en 1994. En 2001, les trois laboratoires du Conseil Général de l'Aisne se regroupent pour devenir le Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherche (LDAR) et il devient alors le responsable de la production de cette nouvelle entité.

Membre du Bureau du GEMAS depuis 1996, il remplace Lucien FAEDY à la présidence de cette association en 2010. ●



*“Partager des compétences innovantes dans le domaine de la gestion des cultures et en particulier de la fertilisation”*

Le sol est à la fois le support de développement et la réserve alimentaire des cultures. A ce titre, il est à l'origine de toutes les denrées agricoles. Mais les bénéfices qu'il rend dépassent largement ce contexte. Outil de production et source de revenu pour les agriculteurs, c'est aussi un bien précieux pour la collectivité qui doit être préservé et géré avec discernement et compétence.

Depuis toujours, les exploitants ont adapté leurs pratiques dans le but de pérenniser la fertilité des parcelles qu'ils cultivent. Cependant cette ressource qui semble inusable est peut-être plus complexe et plus fragile qu'il n'y paraît. Aujourd'hui, il faut produire encore mieux pour sauvegarder tous les bénéfices que les sols apportent à l'humanité dans le respect des autres ressources naturelles. Collectivement, il nous appartient donc de faire évoluer les systèmes de production agricole afin de les rendre plus pertinents. Ces évolutions souhaitables doivent s'inscrire dans des environnements économiques variés et fluctuants. En particulier, les coûts des intrants et la rémunération des productions sont sans doute plus labiles aujourd'hui qu'hier. Nous devons donc tenir compte de ce contexte afin d'imaginer des modèles technico-économiques robustes propres à maintenir le niveau de revenu des agriculteurs.

Enfin, dans les prochaines décennies, l'agriculture devra couvrir des besoins alimentaires

croissants et devra développer de nouvelles productions qui compenseront la raréfaction de certaines ressources fossiles. Il faudra donc produire plus.

Ces objectifs qui dépassent le seul cadre technique peuvent paraître antithétiques. Mais en revisitant les fondements de la productivité agricole, en développant et en partageant des outils techniques d'aide à la décision et des outils d'évaluation agro-environnementale couvrant les différentes échelles de ces problématiques, nous pourrions contribuer au développement d'une agriculture durable.

Les rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse, fruit d'une collaboration entre le COMIFER et le GEMAS s'inscrivent parfaitement dans cette démarche. Tous les deux ans, cette manifestation offre aux acteurs de la recherche et du développement technique agricole une tribune pour partager des compétences innovantes dans le domaine de la gestion des cultures et en particulier de la fertilisation en les situant dans le cadre élargi de l'agriculture du vingt et unième siècle. Elles mettent en lumière le rôle et l'intérêt toujours renouvelé des analyses dans les démarches qui conduisent à un raisonnement efficace et responsable de la fumure des cultures. ●

# UNE MEILLEURE CONNAISSANCE DES SOLS

## Luc SERVANT

Président de la Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes

Céréaliériste irrigant dans la plaine d'AUNIS, aux portes de La Rochelle, Luc SERVANT préside la Chambre Régionale d'Agriculture depuis mars 2013.

Il est aussi président de la Chambre départementale d'Agriculture de Charente Maritime et vice-président de la SICA Atlantique qui est le premier terminal portuaire français pour les oléagineux et second pour les céréales. Il assure la présidence sa coopérative céréalière à Courçon d'Aunis.

Il est enfin responsable du dossier Gestion quantitative de l'eau à l'APCA.

De formation agronome, Luc SERVANT met en application sur son exploitation des systèmes de cultures économes en intrants et n'hésite pas à introduire des cultures pérennes dans ses assolements pour une gestion agronomique de son exploitation et ainsi mettre en œuvre les principes de l'Agro-écologie.



Poitou-Charentes, terre d'élevage, de grandes cultures, et de viticulture est une région où l'agriculture tient une place importante tant en chiffre d'affaire qu'en part de la population Active.

Quelques productions emblématiques telles que le Cognac, le lait de Chèvre, le Melon, le Tournesol témoignent de cette activité riche et diversifiée.

C'est aussi une région qui doit relever des enjeux majeurs liés en particulier à la protection de l'eau : la quasi-totalité de Poitou-Charentes est en Zone Vulnérable Nitrates et la gestion quantitative de l'eau consiste le plus souvent à anticiper et gérer des déficits.

Dans ce contexte, les chambres d'agriculture tiennent toute leur place pour apporter au monde agricole et aux agriculteurs des appuis et des services leur permettant de répondre à la double performance Economique et Environnementale.

Depuis plus de 30 ans les chambres d'agriculture de la région ont été pionnières et ont contribué à cette double performance. Les chambres, et particulièrement la Chambre d'Agriculture de Charente Maritime, ont ainsi été à l'origine du laboratoire d'Analyse LCA qui aujourd'hui est une référence en matière d'analyse Agronomique et environnementale.

En collaboration avec l'INRA et les instituts techniques nous avons conduit pendant plus de 10 ans des programmes de recherche développement dans le cadre d'un Agro Transfert. Ce partenariat a à son actif des outils de conseil en fertilisation (PCAZOTE) ou d'évaluation Agri environnementale (MERLIN, ARTHUR) utilisés bien au-delà des frontières régionales.

Aujourd'hui la Chambre Régionale est fortement engagée dans le Réseau Mixte technologique « Sols et Territoires » qu'elle anime avec l'INRA. Avec elle de nombreux partenaires se donnent comme double objectif une meilleure connaissance des sols et une plus grande valorisation de ces connaissances. Ce réseau est en « prise directe » avec les préoccupations du COMIFER et du GEMAS et des liens s'établissent avec le RMT Fertilisation Environnement.

C'est donc un engagement permanent pour l'agronomie et pour l'innovation qui anime les Chambres d'Agriculture de Poitou-Charentes. Les Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse est donc un rendez-vous incontournable auquel se doivent de participer tous ceux qui souhaitent faire progresser l'agriculture vers cette double performance économique et environnementale. ●

# ANALYSE RELATIONS PLANTES

## Dominique ARROUAYS

Président de l'AFES - INRA Orléans

Ingénieur des techniques Agricoles, Docteur en Science du Sol, Ingénieur de Recherches hors classe de l'INRA. Sa carrière a été consacrée à l'étude des sols dans leurs composantes spatiale et temporelle (cartographie et surveillance). En 2000, il crée une unité dédiée à la mise en place du système d'information sur les sols de France : InfoSol. Au plan international, il est le représentant français au Bureau Européen des Sols, le président du groupe de travail « soil monitoring » de l'Union Internationale des Sciences du Sol, le président du conseil

L'Association Française pour l'Étude du Sol (AFES) participe régulièrement depuis plusieurs années aux rencontres du GEMAS-COMIFER. Nous en remercions vivement les organisateurs. Pour nous, ces rencontres sont très importantes, non seulement pour les échanges qui y ont lieu, mais aussi pour mieux faire connaître l'AFES auprès de professionnels du monde agricole : exploitants, institutions ou associations, organismes consulaires, bureaux d'étude, laboratoires. L'AFES compte environ 500 adhérents provenant de structures diverses (académiques et « professionnelles »). L'AFES est active sous diverses formes :

Sorties de terrain (à travers ses sections régionales) et séminaires thématiques en salle ;

Formation avec : des écoles d'été pour doctorants et jeunes chercheurs ; appui à l'émergence d'enseignements sur le sol, fourniture de matériaux pédagogiques, mise en place de cycles de conférences via internet ;

Animation des échanges sur le sol : maintien d'une liste de diffusion ouverte à tous, diffusion d'une lettre d'information ; Diffusion des connaissances sur les sols : édition de la revue « Etude et Gestion des Sols » en accès libre et publication d'ouvrages ;

Échanges scientifiques avec l'organisation biennale des journées d'étude des sols ;

# DES SOL-

# FERTILITÉ DES SOLS ET QUESTIONS ENVIRONNEMENTALES



scientifique du programme mondial GlobalSoilMap et l'un des 27 membres élus du panel international sur les sols chargé de conseiller la FAO dans le cadre du partenariat mondial sur les sols. Il est éditeur en chef de la revue francophone « Étude et Gestion des Sols » et membre du comité éditorial de la revue internationale Geoderma. ●

Implication dans l'union Internationale des Sciences du Sol.

Les préoccupations de l'AFES recourent bien sur celles du COMIFER et du GEMAS tant pour l'analyse des relations sol-plante que pour des problématiques agri-environnementales ou encore pour de nombreux points méthodologiques.

Nous pensons aujourd'hui que notre action doit s'élargir à l'analyse et à la quantification du rôle joué par les sols dans les services rendus aux sociétés humaines. Ces services débordent largement nos strictes approches disciplinaires. Les sols sont au cœur de grands enjeux planétaires pour lesquels ils sont un maillon central : sécurité alimentaire, gestion des eaux souterraines et superficielles, gestion énergétique durable, changement climatique, protection de la biodiversité, etc.

Les questions relatives à une gestion adaptée et durable des intrants, comme celles relatives à la mise au point de méthodes de diagnostic et de conseil performantes, sont bien sur très importantes pour ces problématiques. Pour mieux gérer les sols, il nous faut évidemment des outils de diagnostic et des guides d'interprétation et de préconisation. En ce sens, le GEMAS et le COMIFER sont des structures qui peuvent contribuer très activement au maintien des services rendus par les sols. ●

## Sylvie RECOUS

INRA - Réseau Mixte Technologique Fertilisation & Environnement

Co-animatrice du RMT Fertilisation & Environnement Docteur de l'Université de Lyon I en Ecologie microbienne. Directrice de Recherches de l'INRA, ancienne directrice de l'unité d'Agronomie à Laon, elle mène depuis 2008 ses travaux à l'Unité Mixte de Recherche INRA-Université de Reims Champagne-Ardenne Fractionnement des Agroressources et Environnement (FARE), à Reims, dont elle est directrice-adjointe. Sa carrière a été consacrée à l'étude de la dynamique de l'azote dans les sols cultivés, en particulier l'azote des engrais minéraux, et de la décomposition des litières et résidus végétaux, en termes de fertilité des sols et de questions environnementales. Depuis 2010, elle anime avec l'ACTA et la Chambre d'Agriculture de l'Aisne, le RMT Fertilisation & Environnement, et participe à ce titre aussi aux travaux du COMIFER.



Le Réseau Mixte Technologique (RMT) Fertilisation & Environnement a été labellisé en 2007 et fonctionne maintenant depuis 6 ans. Le RMT fédère de nombreux partenaires de la recherche, du développement et de la formation agricoles. Il reçoit le soutien de crédit de la mission DAR au travers le financement de l'animation du réseau. Les principaux objectifs du RMT sont les suivants : Réaliser un diagnostic partagé sur les grands enjeux agronomiques et environnementaux liés à la maîtrise des cycles biogéochimiques des éléments minéraux en agriculture ; Concevoir et construire en commun des outils opérationnels pour la gestion des cycles biogéochimiques et le raisonnement de la fertilisation en agriculture visant à concilier des objectifs de production, de réduction des coûts, de qualité des produits et de limitation des impacts négatifs sur l'environnement valorisant les acquis récents de la recherche dans le domaine de l'agronomie et des méthodes de programmation informatique et utilisant des bases de données communes ; Favoriser et accompagner leur utilisation par

les acteurs économiques ou institutionnels et développer des actions de formation.

En 2013, le RMT est composé de 26 partenaires : l'ACTA et 8 Instituts Techniques Agricoles, l'INRA avec 7 unités de recherche et le CIRAD, l'APCA et 5 Chambres d'Agriculture (Aisne, Loiret, Marne, Nord-Pas de Calais et Bretagne), 4 établissements d'enseignement technique agricole, 3 structures privées et 2 partenaires européens Belges et Suisse. Le RMT va être évalué en 2013 et a préparé un programme de travail pour 2014-2018.

L'INRA s'est engagé, dès le début, très fortement dans le RMT, en impliquant de nombreux chercheurs et ingénieurs dans les projets de R&D sur les questions de fertilisation et les impacts environnementaux de la gestion des cycles biogéochimiques, mais aussi en assurant la responsabilité en matière d'orientation et d'animation scientifiques de ce RMT (S. Pellerin puis S. Recous). ●

# BILAN, ÉTAT DES LIEUX

## 1<sup>ère</sup> session

Présidée par  
Dominique ARROUAYS,  
Président de l'AFES - INRA Orléans

L'évolution des pratiques des agriculteurs, l'adoption de nouvelles techniques ou outils de conseil constituent des guides pour l'action.

L'évolution des connaissances amène une meilleure compréhension des phénomènes en jeu. ●

### Évolution de la fertilité des sols d'après la Base de Données des Analyses de Terre (BDAT)

Nicolas SABY et Chloé SWIDERSKI - INRA Orléans

Présentation de l'état et de l'évolution des principaux paramètres disponibles dans la BDAT afin de tenter de caractériser la fertilité des sols agricoles à l'échelle du territoire métropolitain. Nous nous sommes intéressés notamment aux mesures du pH, du taux de saturation de la CEC et des principaux éléments nutritifs ainsi qu'à la teneur en carbone organique. ●

### Fertilité des sols en P et K, scénarios d'évolution des pratiques agriculteurs

Christine LE SOUDER - ARVALIS Institut du végétal

Présentation d'un état actuel des pratiques en PK des agriculteurs, réactualisé à l'aide des résultats de l'enquête "Pratiques culturales" de 2011 du SSP. Suivi de l'état de fertilité chimique en  $P_2O_5$  et  $K_2O$  des sols actuels sur la base des teneurs du sol et de la méthode de diagnostic du COMIFER. Pour finir sur l'évaluation des évolutions de cette fertilité selon différents scénarios. ●

### Pratiques de fertilisation P-K-Mg avec betteraves dans la succession : enquête ITB

Rémy DUVAL - Institut Technique de la Betterave

Travail basé sur l'analyse d'environ 550 enquêtes de pratiques culturales. La présentation comprendra : l'analyse des pratiques, la variabilité régionale, une typologie. L'analyse de l'utilisation du conseil, les calculs d'un conseil a posteriori et la comparaison avec les pratiques réelles, le bilan agronomique et économique, et la communication de l'ITB sur le thème. ●

### L'évaluation des matières fertilisantes et supports de culture (MFSC) en France

Emmanuel GACHET et Patricia MÉRIGOUT - ANSES - Direction des Produits Réglementaires

Les matières fertilisantes couvrent la catégorie de produits contribuant directement ou non à la nutrition des plantes, ou destinés à l'amélioration de leur résistance aux stress abiotiques ou bien encore à l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Exposé réalisé en 3 points : les bases réglementaires, les procédures d'instruction de demandes d'homologation, l'évaluation scientifique des dossiers de demande d'homologation. ●

### Émissions d'ammoniac suite à l'épandage de lisiers et d'engrais minéraux, résultats du projet CASDAR VOLAT'NH<sub>3</sub>

Jean-Pierre COHAN et al - ARVALIS Institut du végétal

Présentation des résultats obtenus pendant les 3 ans du projet. Les résultats présentés permettent de proposer une technique de mesure pour une utilisation dans des dispositifs expérimentaux au champ et donnent des indications sur les pratiques de réduction des pertes par volatilisation ammoniacale suite à des épandages de produits azotés. ●

### Comparaison de l'urée et de l'ammonitrate en essais de longue durée

Marc LAMBERT - YARA France et Marc HERVÉ - EuroChem agro France SAS

Présentation d'une approche expérimentale visant à comparer sur plusieurs années, les effets d'une stratégie de fertilisation basée sur l'utilisation systématique d'urée ou d'ammonitrate à l'échelle d'une rotation colza-blé-orge. Douze essais de "longue durée" ont été mis en place dans des régions différentes. Approche mise en place par quatre adhérents producteurs d'engrais azotés au sein de l'UNIFA avec ARVALIS, le CETIOM et InVivo AgroSolutions. ●



# BILAN, ÉTAT DES LIEUX

1<sup>ère</sup> session

## Résumés



# SURVEILLANCE DE LA FERTILITE CHIMIQUE DES SOLS AGRICOLES AVEC LA BDAT

Swiderski, C.<sup>1</sup>, Saby NPA<sup>1</sup>, Lemerrier B.<sup>2</sup>, Eveillard P.<sup>3</sup>, Louis B.<sup>2</sup>, Arrouays D.<sup>1</sup>, Walter C.<sup>2</sup>, Bardy M.<sup>1</sup>.

1 : INRA Unité Infosol, US1106, Orléans, France

2 : UMR INRA / AGROCAMPUS OUEST 1069 Sol Agro et hydrosystème Spatialisation, Rennes, France

3 : UNIFA, Le diamant A 92909 PARIS La Défense

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>Chloé Swiderski<br/>Chloé.swiderski@orleans.inra.fr</p> | <p>Ingénieur Bordeaux Science Agro<br/>Ingénieur d'étude affecté à la mise en place du programme BDAT</p>   |   |
| <p>Nicolas Saby<br/>Nicolas.saby@orleans.inra.fr</p>       | <p>Docteur - Ingénieur AgroCampus Ouest<br/>Ingénieur d'étude<br/>Responsable du programme Base de Données d'Analyses de Terre.<br/>Analyses spatio-temporelles des données sols.</p> |  |

## Résumé

La Base de Données des Analyses de Terre (BDAT) regroupe les résultats d'analyses effectuées sur l'ensemble du territoire national par des laboratoires agréés par le Ministère de l'agriculture, à la demande d'agriculteurs. Les analyses disponibles sont réparties sur tout le territoire national et sur une période de 20 ans (1990 à 2010). Ces données constituent une source d'information importante sur la variabilité des caractéristiques des horizons de surface des sols cultivés. Les enjeux agronomiques et environnementaux autour des paramètres de fertilité des sols sont majeurs, mais l'évolution de leurs teneurs dans les sols aux niveaux national ou régional est peu documentée. Nous proposons ici d'étudier la fertilité chimique des sols agricoles et notamment leur état acido-basique en valorisant les données de la BDAT. Le statut acido-basique des sols agricoles non calcaires qui pourraient présenter un déficit de pH a été étudié. Pour cela, la relation entre le pH et le taux de saturation de ces sols a été caractérisée, puis la distribution spatiale des indicateurs de fertilité du sol a été cartographiée. Des évolutions temporelles ont également été recherchées. Enfin, les besoins en valeur neutralisante (VN) ont été quantifiés à travers des simulations et ce pour deux objectifs de pH : 6,3 et 6,8.

Les résultats montrent que la variabilité du pH pour une même valeur de S/T est importante : elle est supérieure à 1 unité de pH. On observe que la pente de la droite de la relation entre le pH et le taux de saturation est majoritairement influencée par le calcium. Les autres cations ne participent qu'à rehausser l'ordonnée à l'origine de la courbe (et donc à participer à l'augmentation du taux de saturation par une constante). Le calcium donne donc la forme globale de la relation l'ajout de chaque cation fait augmenter le taux de saturation pour un pH donné.

Des traitements statistiques sur les données brutes et sur les données agrégées au niveau des petites régions agricoles, complétés par des représentations cartographiques, ont permis de mettre en évidence des évolutions significatives des médianes des pH (augmentation), et du taux de saturation (augmentation). Cependant, les biais statistiques inhérents à la stratégie d'échantillonnage adoptée sont importants et des précautions doivent être prises pour interpréter les résultats d'évolution des caractéristiques chimiques des sols. La mise en place d'une procédure de rééchantillonnage et les effectifs d'analyses très élevés limitent ces biais.

La quantification des besoins en VN montre que les principaux sols à redresser se situent en Bretagne, en Pays-de-la-Loire, dans les Landes, le massif central et dans le sud du massif des Vosges. Il est possible d'estimer un besoin global en VN pour le territoire national en multipliant le besoin moyen par PRA et sa surface en terre arable. Pour tenir compte de la charge en cailloux, nous avons corrigé la somme totale par le pourcentage de cailloux moyen des sols non calcaires (d'après le RMQS : 12,5%). Nos calculs estiment à 4 millions et 10 millions de tonnes de VN nécessaires au redressement pour les objectifs 6,3 et 6,8 respectivement.

Puisqu'elle est une source d'information relativement peu coûteuse et simple à mobiliser, la BDAT est un outil clé du dispositif national de connaissance et de surveillance des sols, et le seul actuellement opérationnel pour le suivi des caractéristiques chimiques des horizons de surface des sols agricoles à petite échelle. A terme, le géoréférencement précis des prélèvements de terre permettra de relier les données de la BDAT à d'autres sources d'information sur les sols ou leur occupation. La BDAT est complémentaire des autres programmes du GIS Sol (cartographie exhaustive des sols à différentes échelles) et de démarches expérimentales dans lesquels les sols sont décrits précisément et dans leur ensemble. Cette étude à vocation d'inventaire ne saurait en rien remplacer l'analyse de terres des parcelles agricoles qui reste le seul outil d'aide à la décision adapté à l'échelle d'une exploitation agricole.

## Mots-clefs

Base de données d'analyses de terre, pH, taux de saturation, modélisation, variabilité temporelle

## FERTILITE DES SOLS EN P et K, ET SCENARIOS D'EVOLUTION DE PRATIQUES D'AGRICULTEURS

Christine LE SOUDER, ARVALIS Institut du Végétal

Les pratiques des agriculteurs en matière d'apports PK évoluent sensiblement actuellement. Les enquêtes (UNIFA, FranceAgriMer-ARVALIS Institut du Végétal, SSP) révèlent des baisses des quantités apportées, mais néanmoins de façon hétérogène selon les régions de France. Ces pratiques, si elles durent, et certaines existent déjà depuis au moins 15 ans, ont ou vont avoir des incidences sur l'état des quantités de P et K biodisponibles dans le sol.

L'objectif de cette étude est tout d'abord d'étudier la fertilité actuelle des sols en PK, non pas sur la base des valeurs brutes des teneurs du sol à l'analyse de terre, mais sur le diagnostic qui peut en être fait avec la méthode de raisonnement PK du COMIFER en utilisant les teneurs-seuils Timpasse et trenforcé.

Ensuite, dans une seconde étape, 2 scénarios de pratiques sont appliqués au statut actuel des sols afin d'observer comment évolue aux horizons de 20 et 40 ans le diagnostic de fertilité établi préalablement.

La base de données utilisée est celle constituée par les résultats des analyses de terre de SAS Laboratoire, AGRO-Systèmes et LCA depuis 2010 réalisées sur les sols de grandes cultures à l'échelle du territoire français. Chaque analyse étant renseignée par le type de sol, permettant d'associer les jeux de teneurs-seuils Timpasse et Trenforcé, elles peuvent donc faire l'objet d'un diagnostic, par classe d'exigence des cultures : supérieure ou inférieure au Timpasse, supérieure ou inférieure au Trenforcé. Ces résultats sont représentés sous forme cartographique, avec un maillage basé sur les cantons.

La fertilité actuelle des sols observée en  $P_2O_5$  et  $K_2O$ , pour les grandes cultures, est globalement proche des observations récentes de l'INRA sur la base de la BDAT, mais révèle néanmoins que la lecture est différente selon la culture concernée. Le statut des teneurs en P est différent de celui en K, avec des fréquences de situations supérieures au Timpasse moindre que pour le K. Certains secteurs sont plus proches des teneurs-seuils Timpasse en P sans néanmoins descendre en dessous des teneurs-seuils Trenforcé. Même si les teneurs ont pu baisser, en P, elles n'atteignent pas les niveaux de disponibilité réduite qui pourraient être problématiques (inférieures à Trenforcé).

Deux scénarios de pratiques d'apports PK ont ensuite été appliqués sur ces analyses, avec des rotations régionales, sur une période de 20 à 40 ans : soit une absence continue d'apport (régime d'impasse permanente), soit la mise en œuvre de la méthode de raisonnement PK du COMIFER. Les teneurs du sol ont donc fait l'objet d'évolution, sur la base des relations travaillées au sein du COMIFER (COMIFER, 1997) entre l'évolution des teneurs du sol et le bilan P et K (Fumure – Exportation) observés sur les essais de longue durée. Les résultats sont bien sûr différents en P et en K, et révèlent de fortes variations régionales.

### Christine LE SOUDER

ARVALIS – Institut du Végétal, 91720 BOIGNEVILLE  
c.lesouder@arvalisinstitutduvegetal.fr

Ingénieur agronome INAPG, 1984

Thèse de Doctorat de l'INAPG « Effet d'un conditionneur minéral sur la formation des croûtes superficielles du sol sous l'action des pluies », décembre 1990.

Ingénieur spécialisée en fertilisation à ARVALIS – Institut du Végétal depuis 1991



## Fertilisation phosphatée et potassique des parcelles en rotations betteravières.

Auteur : Rémy DUVAL, Institut Technique de la Betterave (ITB)

### Introduction :

L'ITB réalise annuellement une enquête postale auprès des agriculteurs betteraviers afin de recueillir la description détaillée des pratiques culturales depuis la récolte du précédent jusqu'à la réception des betteraves à la sucrerie. Cette enquête, intitulée ITB-Site, permet de décrire les interventions successives réalisées, et intègre également des données générales descriptives des exploitations, permettant d'évaluer la représentativité du panel des questionnaires restitués. Ces enquêtes annuelles peuvent donner une information annuelle sur les pratiques de fertilisation azotée, mais sont moins appropriées pour rendre compte des pratiques de fertilisation phospho-potassique, qui ne peut être considérée qu'avec une vision pluriannuelle à l'échelle de la succession de cultures, et dans l'idéal sur des rotations complètes. Pourtant, les pratiques de fertilisation phospho potassique méritent une attention particulière dans les systèmes de grandes cultures et dans des successions avec cultures exigeantes. Déjà, une bonne gestion de la fertilisation est nécessaire pour assurer la productivité des cultures sans s'exposer à des risques de carence. D'autre part, les fertilisations phosphore et potasse représentent une part des coûts de production, environ 15% de l'ensemble des charges proportionnelles pour la betterave sucrière, donc part non négligeable. Enfin, il est important de raisonner les apports de phosphore pour limiter son impact sur l'environnement, même si les effets se situent dans des lieux très éloignés de la parcelle de grande culture et après un long délai de transfert.

### Contexte de l'étude :

L'analyse des pratiques de fertilisation phospho-potassique des parcelles de betterave s'inscrit dans un contexte de production en forte évolution. Les règles économiques qui gouvernent la production betteravière et sucrière ont fortement évolué depuis 2006, avec une baisse de prix des betteraves du quota de près de 40%. Sur le plan des conduites parcellaires, les enquêtes ITB Site montrent une progression régulière des apports de produits résiduels organiques avant betterave. Cette progression indique une démarche de valorisation des ressources disponibles qui s'inscrit dans la durée, et qui concerne aujourd'hui environ 55% des surfaces de betteraves. Autre évolution, les successions culturales peuvent montrer des changements assez rapides, et on a vu en particulier augmenter fortement la part du colza dans les rotations betteravières dans des régions comme la Normandie ou en Champagne.

### Construction et exploitation des enquêtes :

Afin de donner un éclairage pertinent des pratiques de fertilisation P et K des parcelles de betteraves, les questionnaires d'enquête Site de l'année 2012 ont été complétés et détaillés afin de recueillir l'ensemble des fertilisations minérales et organiques effectuées sur la betterave cette même année, ainsi que sur les deux cultures précédentes. Les questions portaient aussi sur la fertilisation prévue pour la culture devant succéder à la betterave. Afin de réaliser des calculs de doses a posteriori sur les parcelles enquêtées, par application de la méthode Comifer, le questionnaire recueillait les types de sols des parcelles et, si elles étaient disponibles, les teneurs analytiques de parcelles en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O sur la profondeur de l'horizon labouré. Un complément d'information portait sur le mode d'établissement des doses appliquées, et l'éventuel recours à des outils disponibles via un laboratoire, un intermédiaire, ou accessible en ligne. Après une phase nécessaire de validation des enquêtes, qui oblige à écarter les plus incomplètes, l'analyse finale a porté sur un ensemble de 386 exploitations et 817 parcelles. L'analyse complète, c'est-à-dire avec des renseignements suffisants pour établir a posteriori des calculs de doses selon la méthode Comifer pour la culture de betterave et pour la culture suivante, a porté sur 425 parcelles. Les calculs ont été faits en appliquant la méthode révisée en 2009 (actualisation des teneurs des exportations et des grilles de coefficients), et les résultats ont pu être comparés aux doses effectivement appliquées sur les parcelles. Des bilans (fournitures – exportations) ont été établis sur les portions de successions de 3 ou 4 cultures décrites dans les formulaires restitués, pour caractériser des régimes de fertilisation excédentaires, déficitaires, ou équilibrés.

## Résultats obtenus :

Les résultats de l'analyse sont nombreux, mais quelques points importants et des grandes tendances peuvent être relevés :

Les teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O issues des analyses de terre des parcelles de betteraves sont très conformes aux teneurs moyennes enregistrées dans la base de données des analyses de terre (BDAT) dans les mêmes régions, ce qui laisse entendre qu'il n'y a pas d'effet indirect de la présence de la betterave sur le niveau de disponibilité actuel des sols en éléments P et K, lié à des pratiques de fertilisation particulières par cette culture. Les teneurs montrent cependant une forte variabilité intra régionale. Pour environ la moitié des exploitations enquêtées, la décision de dose appliquée se fait sans application d'une méthode de raisonnement. Le recours aux conseils laboratoire ou conseil par un outil informatique est privilégié sur 41% des exploitations, chiffre cohérent avec le pourcentage de parcelles pour lesquelles une analyse a été fournie (36%). Une distinction des types de successions culturales montre leur effet déterminant sur les bilans "F-E" (fournitures - exportations) calculés sur la succession. La présence de cultures industrielles dans la succession tend à favoriser les fertilisations potassiques, jusqu'à des valeurs fortement excédentaires, en comparaison avec des successions où les cultures de céréales et de colza sont dominantes. Cet "effet système" s'inverse pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, les systèmes céréaliers étant alors plus fréquemment déficitaires sur la portion de succession considérée. Dans ces mêmes parcelles à dominante céréale-colza, les doses appliquées sur betterave sont assez fréquemment inférieures aux doses recalculées a posteriori.

Les comparaisons des doses recalculées et des doses appliquées (en sommant apports minéraux et organiques) indiquées dans les enquêtes montrent des divergences souvent assez importantes, qui donnent à penser que la disponibilité d'une analyse ne se traduit pas systématiquement par l'application d'une dose raisonnée. Il apparaît un effet assez net des apports de produits organiques, qui génèrent des excès de fertilisation sur betterave en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sans doute par défaut de prise en compte par l'agriculteur dans son choix de dose de complément minéral. Les fertilisations organiques apparaissent mieux prises en compte dans la fertilisation potassique.

Pour identifier les changements de conduite de fertilisation, les résultats des enquêtes 2012 ont été comparés aux résultats d'une enquête similaire réalisée par l'ITB en 2003.

---

Auteur : Rémy DUVAL, ITB

45, rue de Naples, 75008 PARIS

Tel : 01-42-93-32-79

Mail : [duval@itbfr.org](mailto:duval@itbfr.org)

Formation : Ingénieur agronome (INA PG 1985), spécialisé en productions végétales.

Responsable service agronomie à l'Institut Technique de la Betterave (ITB).

En charge des activités fertilisation, travail du sol et implantation de la culture, gestion de l'interculture, environnement, systèmes de production.



## **L'évaluation des Matières Fertilisantes et Supports de Culture (MFSC) par l'Anses-DPR**

Les matières fertilisantes couvrent la catégorie de produits contribuant directement ou non à la nutrition des plantes, ou destinés à l'amélioration de leur résistance aux stress abiotiques ou bien encore à l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols.

Les supports de culture sont, quant à eux, définis comme des milieux de culture en remplacement de sols naturels.

### **1. Les bases Réglementaires**

Le Code rural et de la pêche maritime (articles L255-1 et suivants et R255-1 et suivants) définit les grands principes de la mise sur le marché des matières fertilisantes et des supports de culture (MFSC) et l'arrêté du 21 décembre 1998, fixe plus particulièrement les conditions de l'homologation des MFSC.

Les éléments requis dans les dossiers de demande constitués par les pétitionnaires, tels que mentionnés dans les annexes de cet arrêté comme dans le « Guide pour la Constitution des Dossiers de Demande d'Homologation des Matières Fertilisantes et des Supports de Culture » du Ministère en charge de l'Agriculture, relèvent d'une vérification de l'innocuité, sur la base de valeurs de référence concernant principalement les éléments traces métalliques, certains micropolluants organiques et des microorganismes (indicateurs, pathogènes et phytopathogènes).

### **2. Les procédures d'instruction des demandes d'homologation**

Le législateur a confié, à l'Afssa d'abord puis à l'Anses, la charge de « l'évaluation des risques et des bénéfices » des matières fertilisantes et supports de culture, dans le cadre des autorisations de mise sur le marché et des homologations délivrées par le ministère chargé de l'agriculture.

L'Anses est le guichet unique de soumission des demandes (une nouvelle note d'information<sup>1</sup> concernant les soumissions de dossiers de mise sur le marché et les taxes afférentes aux différentes demandes, a été produite).

### **3. L'évaluation scientifique des dossiers de demande d'homologation**

Les principes énoncés dans l'arrêté du 21 décembre 1998 et la description des éléments requis mentionnés dans le Guide pour la Constitution des Dossiers de Demande d'Homologation des Matières Fertilisantes et des Supports de Culture ne détaillent pas la procédure d'homologation ni les spécificités relatives à certains produits, l'Anses a donc rédigé un document précisant la méthodologie utilisée pour l'évaluation des dossiers.

Ces éléments sont publiés sur le site internet de l'Anses sous la forme d'une note d'information aux pétitionnaires<sup>2</sup>.

L'évaluation scientifique des dossiers repose sur une expertise collective (tant en interne avec les scientifiques présents au sein des unités d'évaluation de la Direction des Produits Réglementés qu'en

---

<sup>1</sup> Note d'information relative à la constitution, à l'envoi ou au dépôt des dossiers de demande d'autorisation de mise sur le marché ainsi qu'aux montants des taxes - <http://www.anses.fr/sites/default/files/documents/DPR-Ft-NoteInformationsPetitionnaires.pdf>

<sup>2</sup> Note d'information aux pétitionnaires concernant l'homologation des MFSC - Etat des exigences scientifiques - [http://www.anses.fr/sites/default/files/documents/MFSC\\_6\\_03bNoteInfoAout2013.pdf](http://www.anses.fr/sites/default/files/documents/MFSC_6_03bNoteInfoAout2013.pdf)

externe grâce aux experts du Comité d'Experts Spécialisé - CES - dédié aux MFSC). Le dispositif mis en place permet d'adapter la procédure d'évaluation au type de dossier et à la problématique ainsi qu'une transparence sur les discussions liées à l'évaluation des dossiers (publication des avis émis par l'Anses et des procès-verbaux des CES sur le site internet de l'Agence).

L'instruction du dossier déposé en vue d'une mise sur le marché des MFSC est fondée sur l'évaluation des risques pour l'Homme, l'animal et l'environnement associés à chacun des usages revendiqués pour un produit donné, au travers de ses propriétés (physico-chimie, toxicité, devenir dans l'environnement et écotoxicité), de la teneur en résidus dans l'alimentation, ainsi que sur l'efficacité du produit.

#### 4. Conclusion

L'Anses joue donc un rôle central dans le dispositif réglementaire pour la mise sur le marché de nouveaux produits, à travers l'évaluation scientifique des dossiers de demande d'homologation. Ces dossiers qui lui sont soumis montrent une grande diversité par la nature des produits et les effets revendiqués, et sont le reflet d'innovations technologiques. Ces innovations témoignent d'une profonde évolution du marché des matières fertilisantes.

L'expertise scientifique qui est du ressort de l'Agence permet donc d'évaluer de nouveaux types de produits, d'intégrer les questionnements qu'ils soulèvent afin de mesurer au mieux leur impact sanitaire et environnemental dans le cadre d'un usage agricole.



**Patricia MERIGOUT - Anses – DPR - UMFSC**  
**253 avenue du Général Leclerc 94701 MAISONS-ALFORT Cedex**  
**Tél : 01 49 77 37 66 - E-mail : [patricia.merigout@anses.fr](mailto:patricia.merigout@anses.fr)**

Coordination des dossiers d'homologation des matières fertilisantes et supports de culture – Correspondant qualité de l'unité. Unité Matières Fertilisantes et Supports de Culture – Direction des Produits Réglementés - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail - Maisons-Alfort (94).

Contacts permanents avec les professionnels de la filière (firmes, agriculteurs, instituts techniques, laboratoires, associations, ministères, etc.).

Elue au Conseil d'Administration du COMIFER.

Suivi du plan d'actions relatives à la « valorisation agronomique des digestats de méthanisation » : membre du comité de pilotage du programme VALDIPRO, du comité de suivi du programme DIVA et du Groupe de Travail Digestat animé par le Club Biogaz.



**Emmanuel GACHET - Anses, DPR - Unité Coordination MFS**  
**253 av. du Général Leclerc 94701 Maisons-Alfort Cedex**  
**Tel : 01 49 77 21 44 Email : [emmanuel.gachet@anses.fr](mailto:emmanuel.gachet@anses.fr)**

Depuis 2009 : Anses / Direction des Produits Réglementés (Maisons-Alfort, 94) - Responsable de l'Unité de Coordination des Matières Fertilisantes et Supports de Culture - Coordonnateur Scientifique

Evaluation scientifique des dossiers d'homologation Matières Fertilisantes et Supports de Culture - Interface avec les firmes, les Unités scientifiques de la Direction des Produits Réglementés, les experts - Appui technique à la Direction Générale de l'Alimentation (Bureau de la Réglementation et de la Mise sur le marché des Intrants) - Suivi de la normalisation - Relation avec les Instituts Techniques, les Organismes de Recherche (INRA, CNRS) et de Recherche et Développement (Ademe, ACTA, RITMO)

## Quantification des émissions d'ammoniac suite à l'épandage de produits résiduels organiques et d'engrais minéraux au champ – résultats du projet CASDAR VOLAT'NH<sub>3</sub>

Cohan J.P., Charpiot A., Morvan T, Eveillard P, Trochard R., Champolivier L., De Chezelles E., Heurtaux M., Lorinquer E., Espagnol S, Générumont S., Loubet B.

Les émissions d'azote ammoniacal dans l'atmosphère suite à un apport azoté sous forme de produit organique ou minéral sont essentielles à prendre en compte à la fois pour des raisons agronomiques et pour des raisons d'impact environnemental. En premier lieu, les pertes par volatilisation ammoniacale sont une cause majeure de mauvaise efficacité des apports azotés sur les cultures. La recherche de la maximisation de l'efficacité des apports d'azote sous pression du contexte économique implique de mettre au point et d'employer les techniques agronomiques adaptées. En second lieu, l'ammoniac est un précurseur atmosphérique de particules néfastes pour la santé humaine. Pour cette raison, les niveaux d'émissions en France sont réglementés. 98% des émissions d'ammoniac étant attribuables à l'agriculture, le respect des objectifs en matière de qualité de l'air implique le développement de mesures efficaces de réduction des émissions agricoles, notamment au champ.

La recherche de solutions techniques innovantes nécessite de disposer de méthodes de mesures des émissions applicables à grande échelle sur le terrain. Or, les techniques actuellement disponibles pour mesurer les émissions d'ammoniac au champ (tunnel de ventilation, méthodes micro-météorologiques, suivi d'azote marqué...) impliquent toutes des contraintes techniques ou des limites méthodologiques ne permettant pas le déploiement d'un large réseau d'acquisition de références au champ. Bien qu'elles aient servi à obtenir plusieurs résultats scientifiques riches d'enseignements, ces méthodes restent réservées à quelques études opérées par des équipes de recherches sur des sites expérimentaux lourdement équipés.

L'objectif de cette communication est de présenter les résultats obtenus pendant les 3 ans du projet CASDAR VOLAT'NH<sub>3</sub>\*. Ce dernier avait un double objectif :

- Mettre au point une méthode simple d'estimation des émissions d'ammoniac au champ à partir de la technologie des capteurs passifs ALPHA (Sutton et al. 2001) associée à différents modèles de calculs de flux (modèle inverse de dispersion (Loubet et al. 2010) et méthode des gradients).
- Employer cette technique pour étudier sur un réseau expérimental au champ les émissions d'ammoniac suite à l'épandage de produits résiduels organiques (lisier de porc et bovin, fumier de bovin) selon différentes techniques d'application sur sol nu, et suite à l'épandage d'engrais minéral sous différentes formes (ammonitrate, urée solide, solution azotée) sur cultures de céréales à paille et de colza. Il était notamment prévu d'avoir un aperçu de la variabilité des émissions en fonction des techniques employées, du site d'essai et des conditions climatiques spécifiques des expérimentations (2 années d'essais 2011 et 2012).

Du point de vue méthodologique, on peut retenir les enseignements suivants :

- Le suivi des cinétiques d'évolution de la concentration en ammoniac de l'air (préalable au calcul de flux) à l'aide de capteurs passifs sur de petites unités expérimentales (400 m<sup>2</sup>) est suffisamment précis et répétable pour permettre la comparaison de traitements expérimentaux générateurs de flux importants (certains produits résiduels organiques par exemple) et aussi pour permettre la discrimination de flux de plus faibles ampleurs (générés par certains engrais minéraux par exemple).
- Bien que des ajustements restent encore à réaliser, les 1<sup>ers</sup> modèles de calculs de flux utilisés permettent d'interpréter de façon pertinente les suivis en termes de pertes d'azote ammoniacal dans l'air.

Du point de vue agronomique, les résultats obtenus, en cohérence avec la bibliographie internationale, permettent de tirer plusieurs conclusions :

- Les cinétiques d'émissions des produits résiduels organiques sont rapides, à savoir que l'essentiel des pertes a lieu dans les 24 heures suivant l'épandage.
- L'enfouissement des produits résiduels organiques rapidement après l'épandage permet de limiter fortement les émissions, voire de quasiment les annuler dans certains cas.
- Les cinétiques d'émissions des engrais minéraux sont plus progressives avec des émissions, quand elles ont lieu, atteignant généralement un pic 2 à 7 jours après l'épandage.
- L'impact du pH du sol sur les émissions des engrais minéraux est confirmé.

- La solution azotée et l'urée présentent une plus grande sensibilité à la volatilisation que l'ammonitrate. Cependant, le réseau mis en place n'était pas configuré pour discriminer de façon claire les deux 1<sup>ères</sup> formes.
- Enfin, dans certaines situations particulièrement à risque, on a pu mesurer des pertes significatives d'azote ammoniacal en provenance de l'ammonitrate.

Les résultats obtenus permettent de proposer cette technique pour une utilisation dans des dispositifs expérimentaux au champ et donnent des indications sur les leviers d'actions à mettre en œuvre pour limiter les pertes par volatilisation ammoniacale suite à des épandages de produits azotés.

- Loubet, B., Générumont, S., Ferrara, R., Bedos, C., Decuq, C., Personne, E., Fanucci, O., Durand, B., Rana, G., Cellier, P., 2010. An inverse model to estimate ammonia emissions from fields. *European Journal of Soil Science*, 61: 793-805.
- Sutton, M.A., Tang, Y.S., Miners, B., Fowler, D., 2001. A new diffusion denuder system for long-term regional monitoring of atmospheric ammonia and ammonium. *Water Air and Soil Pollution: Focus*(1): 145-156.

*\*Ce projet a été soutenu financièrement par le compte d'affectation spéciale « développement agricole et rural » du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.*



- **COHAN J.P.**  
ARVALIS-Institut du Végétal  
Station expérimentale de La Jaillière, 44370 La Chapelle St Sauveur, France  
[jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr)

- **Charpiot A. & Lorinquer E.**  
IDELE  
Service Bâtiments et Environnement  
Monvoisin- BP 85225, 35652 Le Rheu Cedex, France

- **Morvan T.**  
INRA UMR SAS  
4 rue de Stang Vihan, 29 000 Quimper, France

- **Eveillard P.**  
UNIFA  
Le diamant A, 92909 Paris La Défense, France

- **Trochard R.**  
ARVALIS-Institut du Végétal  
Station expérimentale de La Jaillière, 44370 La Chapelle St Sauveur, France

- **Champolivier L.**  
CETIOM  
BP 52627, 31326 Castanet Tolosan Cedex, France

- **De Chezelles E. & Heurtaux M.**  
ACTA  
149 rue de Bercy, 75595 PARIS Cedex 12, France

- **Espagnol S.**  
IFIP  
La Motte au Vicomte, BP 35104, 35651 Le Rheu Cedex, France

- **Générumont S. & Loubet B.**  
INRA, UMR 1091 INRA- AgroParisTech, Environnement et Grandes Cultures  
F-78850 Thiverval-Grignon, France

# Comparaison de l'urée et de l'ammonitrate en essais de longue durée, synthèse de 10 ans d'expérimentation

LAMBERT<sup>(1)</sup> M. ; HERVE<sup>(2)</sup> M. ; EVEILLARD<sup>(3)</sup> P. ; BOUTHIER<sup>(4)</sup> A. ; CHAMPOLIVIER<sup>(5)</sup> L. ; MARQUIS<sup>(6)</sup> S. ; ROCCA<sup>(7)</sup> C. ; ROUSSEL<sup>(8)</sup> D.

<sup>1</sup>YARA France, <sup>2</sup>EUROCHEM Agro, <sup>3</sup>UNIFA, <sup>4</sup>ARVALIS-Institut du Végétal, <sup>5</sup>CETIOM, <sup>6</sup>BOREALIS-LAT,

<sup>7</sup>IN VIVO, <sup>8</sup>OCI Agro

## Résumé :

Un réseau de 12 expérimentations pluriannuelles avec plus de 200 courbes de réponses comparant deux engrais azotés : l'urée et l'ammonitrate sur une rotation Colza-Blé-Orge a été mené de 2002 à 2012 par différents partenaires dans le cadre d'un projet coordonné par l'UNIFA. L'originalité du dispositif expérimental a permis de mettre en évidence, outre la traditionnelle comparaison de la réponse à la fertilisation azotée de l'année (effet annuel), l'existence d'un effet du « système » de fertilisation selon que l'on utilise exclusivement la même type d'engrais azoté chaque année et l'existence d'un effet du « passé » de fertilisation qui se traduit par une réponse différente des parcelles non fertilisées l'année de récolte selon qu'elles ont reçu de l'urée ou de l'ammonitrate les années antérieures.

Différentes approches ont été mise en œuvre pour analyser les résultats de ce réseau d'essais :

1) les classiques analyses de variance et méthodes des contrastes, 2) les ajustements de fonctions de production (quadratique- plateau, quadratique, exponentiel ADAS) et tests des modèles emboîté, 3) des comparaisons de l'ensemble des variables d'intérêt par le test de Student (comparaison d'échantillons appariés).

Les proportions d'essais avec des effets formes d'azote (annuel, passé, système) statistiquement significatifs varient selon les types d'analyses mises en œuvre et les traitements comparés.

Il s'avère que, compte tenu des ordres de grandeur des différences, souvent comparables ou inférieures à la précision de chaque essai, c'est bien la multiplication des sites expérimentaux, à travers les lieux et les années, et la convergence des résultats qui permettent de dégager des résultats moyens autorisant la quantification des différences d'efficacité entre engrais. Malheureusement, comme d'autres résultats déjà publiés l'avaient déjà montré, les différences moyennes masquent une variabilité certaine et aucune prédiction a priori des écarts d'efficacité n'a été possible même si des traitements de données complémentaires restent encore nécessaires.

Globalement, les principales conclusions de ce réseau sont les suivantes :

- La comparaison de l'effet annuel des 2 formes par le test de Student met en évidence un différentiel de rendement moyen à la dose du bilan prévisionnel ( $X = 167 \text{ kg N/ha}$  en moyenne) de 2 % \*\*\*, soit respectivement 1.2 (\*\*), 1.4 (\*\*) et 1.3 (\*) q/ha pour le colza, le blé et l'orge. De plus, ces écarts sont proches des résultats déjà connus et publiés en France et en Europe.

- Au-delà de l'effet sur le rendement, des écarts significatifs sur les quantités d'azote absorbé et le coefficient apparent d'utilisation de l'azote sont également mis en évidence avec un CAU supérieur de 5 % \*\* avec l'ammonitrate (91 % contre 86 %).

- Plus originale est la démonstration d'un effet moyen du « passé de fertilisation » qui se traduit par des écarts statistiquement significatifs de rendement et d'azote absorbé sur chaque culture, à la fois sur les traitements fertilisés et les témoins sans azote : les parcelles ayant reçu de l'ammonitrate au cours des années précédant la réalisation de la courbe de réponse ont un rendement en moyenne supérieur de près de 2 % \*\* et une absorption d'azote significativement supérieure (+ 3 \* à 7 \*\* kg N/ha pour les céréales à paille) . Cet effet « passé de fertilisation » est davantage extériorisé par les parcelles non fertilisées avec une différence de rendement de 4.7 % \*\*\* et 7\*\* à 13\*\* kg N/ha absorbé en plus pour les céréales à paille. En moyenne, sur les 51 situations étudiées, l'effet « passé » de fertilisation est du même ordre de grandeur que l'effet « annuel » traditionnellement testé dans les essais classiques.

- L'effet « système » résulte de la combinaison des 2 effets élémentaires distincts : l'effet « annuel » et l'effet « passé ». Analysé sous l'angle de l'approche « système », les écarts de rendement entre les 2 formes

d'azote s'élèvent alors à 4.1 % \*\*\* à la dose du bilan prévisionnel soit respectivement 2.4 \*\*\*, 2.7\*\*\*, 3.1 \*\* q/ha pour le colza, le blé et l'orge. Concernant les quantités d'azote absorbé, les différences atteignent 27\*\*, 19\*\*\* et 15 \*\*\* kg N/ha supplémentaire absorbé respectivement pour le colza, le blé et l'orge. Les coefficients apparents d'utilisation calculés dans l'approche « système » sont équivalents à ceux obtenus dans l'approche « annuelle » : 91 % avec l'ammonitrate contre 84 % avec l'urée. Les différences de quantités d'azote absorbé entre les 2 formes d'azote résultent d'une part d'une différence de CAU de 5 points (effet annuel) et de l'écart de fournitures du sol (effet passé). L'absence de différence entre engrais sur les reliquats et les biomasses en sortie d'hiver (tests t non significatifs, respectivement  $p=0.39$ ,  $n=49$  &  $p=0.21$ ,  $n=14$ ) prouve que ces différences de fournitures du sol sont postérieures aux mesures et s'extériorisent au printemps pendant la période de minéralisation de l'azote organique. A ce stade, à l'échelle de la succession culturale, il apparaît que les fertilisations récurrentes à base d'ammonitrate ont permis de conserver davantage d'azote provenant de l'engrais dans le système sol-plante, comparativement à l'urée traduisant une efficacité supérieure et probablement moins de pertes environnementales.

A dose d'azote identique, des enjeux qualité (teneur en protéines des céréales et teneur en huile du colza) ont également été identifiés dans cette étude : 0.2 à 0.3 point de protéines en moins avec l'urée, 0.25 à 0.48 point d'huile en moins avec l'ammonitrate.

Enfin, après ajustements statistiques de 3 fonctions de production (quadratique-plateau, quadratique, Exponentiel ADAS) sur plus de 200 courbes de réponses, des simulations ont été réalisées afin d'évaluer la « dose équivalente » d'urée permettant de rendre les différences de rendement avec l'ammonitrate non significativement différentes selon les 2 approches « annuelle » ou « système ». Pour des considérations d'opérationnalité des résultats, ces simulations ont été réalisées à partir de la dose du bilan prévisionnel. Les simulations pour les 3 fonctions de production aboutissent à des conclusions convergentes :

- les 2 engrais obtiennent des performances non significativement différentes pour une majoration de la dose bilan pour l'urée autour de 10 % (+16 à 18 kg N/ha) en approche annuelle. Le rattrapage de l'écart de performance enregistré dans l'approche « système » nécessite, quant à lui, une augmentation de dose plus conséquente de l'ordre de 20 % de la dose bilan (+ 33 kg N/ha). Cette méthode permet de quantifier une différence d'efficacité brute entre les 2 engrais mais ne correspond en aucun cas à une préconisation car ni les impacts environnementaux, ni les aspects économiques ne sont envisagés dans ce calcul.

(nb : \*\*\* :  $p < 0.001$  \*\*  $p < 0.01$  \*  $p < 0.05$ )

Au-delà des différences mises en évidence dans cette étude, il nous paraît désormais fondamental de considérer systématiquement les impacts environnementaux dans les comparaisons d'engrais azotés. L'augmentation de la part de l'azote absorbé par la plante avec l'ammonitrate réduit les risques de perte d'azote dans l'environnement. Une partie de cet azote améliore le rendement et la teneur en protéine, une autre partie conservée dans les racines et les résidus de récolte est remise à disposition par la minéralisation l'année suivante. Ces écarts d'efficacité liés à la forme d'engrais utilisé pourraient être caractérisés par une approche bilan à l'échelle de la succession culturale et par une Analyse du Cycle de Vie. De même, il conviendra de travailler à la prévision du risque de volatilisation ammoniacale afin de réduire l'écart entre formes et de concourir à augmenter l'efficacité de chaque kg d'azote minéral épandu.

*Les auteurs remercient Marine Boury, Stagiaire de fin d'étude Agro Campus Ouest à l'UNIFA pour le travail de synthèse réalisé sur les résultats du réseau d'essai*

#### Les orateurs :

**Marc LAMBERT**, Responsable Agronomie YARA France

([marc.lambert@yara.com](mailto:marc.lambert@yara.com))

100 rue Henri Barbusse, 92751 NANTERRE cedex



**Marc HERVE**, Responsable Agronomie EUROCHEM Agro France

([marc.herve@eurochemagro.com](mailto:marc.herve@eurochemagro.com))

49 avenue Georges Pompidou, 92593 LEVALLOIS-PERRET Cedex



# DIAGNOSTIC, MODÈLES

## 2<sup>ème</sup> session

Présidée par Philippe EVEILLARD,  
Président du COMIFER

Le diagnostic guide la décision de l'agriculteur sur le court et moyen terme.

Les modèles permettent de projeter une situation sur l'avenir compte tenu des temps de réponse parfois très longs de certaines pratiques. ●

### "Typesol" déclinaison agronomique du Référentiel Régional Pédologique en Bourgogne

Valérie DUCHENES - Chambre d'Agriculture de Yonne et Géraldine DUCELLIER - Chambre d'Agriculture de Côte d'Or

Typesol, réalisé de 1995 à 2005, a pour ambition de proposer en Bourgogne une information sur les sols partagée par les acteurs d'un territoire, adaptée à des usages agronomiques et accessible facilement par internet. Ainsi une aide à la caractérisation des sols plus efficace pour les agriculteurs et leurs conseillers constitue une étape majeure vers une maîtrise de la fertilisation raisonnée. ●

### Évolution du statut organique des sols à l'échelle d'un territoire, en Poitou Charentes

Olivier SCHEURER - Institut polytechnique Lasalle Beauvais

Évolution du statut organique des sols cultivés : pourquoi et comment l'évaluer à l'échelle d'un territoire ? A travers l'exemple de différents territoires de Poitou-Charentes, l'exposé montrera comment l'exploitation conjointe de plusieurs bases de données, puis l'utilisation de l'outil de calcul de bilan humique SIMEOS AMG, permet de traiter ces questions. ●

### Réseau PRO, référencement des Produits Résiduaire Organiques dans un système d'information mutualisé

Alix BELL - INRA Grignon

L'objectif de cette présentation est d'exposer la méthodologie proposée dans le cadre du Réseau PRO pour décrire les PRO épandus en agriculture, en termes d'origine et de traitement, ainsi que la nomenclature établie en lien avec la composition des PRO. Les informations collectées par cette méthode permettent de remonter à la nomenclature des PRO qui est élaborée pour le projet. ●

### Minéralisation de l'azote de la vinasse de sucrerie apportée à la betterave

Caroline LE ROUX - Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherche (LDAR) de l'Aisne

Devenir de l'azote de produits organiques en fonction des pratiques culturales : exemple de la vinasse de sucrerie apportée à la betterave. Des essais de plein champ ont été conduits annuellement sur différentes modalités d'apports de vinasse de sucrerie et de gestion de l'interculture. L'objectif est d'évaluer l'effet azote de ce produit organique et les interactions avec les cultures intermédiaires. ●

### Le déplafonnement des rendements grâce aux cultures intermédiaires

Philippe GERARD - VIVESCIA, Coopérative Agricole en Champagne-Picardie

Expérimentation réalisée durant ces dernières années, par le service agronomique de VIVESCIA, sur l'effet des couverts sur des cultures dans différents types de sols et sur diverses cultures. Les résultats de cette expérimentation montrent, un déplafonnement des rendements voire une possible réduction de la dose d'azote sur les cultures implantées après couverts surtout en présence de légumineuses. ●

### Intérêts et limites de la localisation des engrais azotés et phosphatés au semis des céréales à paille

Damien BRUN - ARVALIS Institut du végétal

Interrogation sur l'intérêt agronomique et économique d'apporter des engrais azotés et/ou phosphatés au semis des céréales d'hiver et de printemps. A partir de résultats expérimentaux récents et d'une revue bibliographique, la communication propose de faire le point sur 3 aspects : les technologies disponibles, les avantages et les risques agronomiques, l'intérêt économique. ●



# DIAGNOSTIC, MODÈLES

2<sup>ème</sup> session

## Résumés



# TYPESOL : une innovation en Bourgogne pour l'aide à la détermination du type de sols

**Auteurs** : Géraldine DUCELLIER (Chambre d'agriculture de Côte d'Or) ; Valérie DUCHENES (Chambre d'Agriculture de l'Yonne) ; Bertrand DURY (Chambre d'agriculture de Saône et Loire) ; Arnaud VAUTIER (Chambre d'agriculture de la Nièvre) ; Lionel BARGEOT (AgroSupDijon/EDUTER/CNERTA/DISI)

## 1. Présentation

TYPESOL est une application web d'aide au choix du type de sol en tout point du territoire de la Bourgogne, de captage et de mutualisation d'informations spatiales et permettant de partager plus facilement des données pédologiques. La démarche a été d'avoir **une interface web à entrée cartographique**. TYPESOL s'appuie sur **un catalogue des sols bourguignons et sur des clés de détermination d'aide au choix du type de sol recherché**.

Cette application a été développée par les Chambres d'Agriculture de Bourgogne (Côte d'Or 21, Nièvre 58, Saône et Loire 71 et Yonne 89) et AgroSupDijon grâce au soutien financier du Conseil régional de Bourgogne et du FEDER.

Les compétences pédologiques disponibles dans les quatre Chambre d'agriculture, ainsi que la volonté de nos partenaires techniques et financiers ont abouti à la mise en place de TYPESOL, calé sur des références relatives aux territoires bourguignons et abondantes.

Il était important de faire le lien entre les sols et des domaines d'activités tels que l'agronomie, l'environnement, la gestion des déchets ou la gestion de l'espace rural, afin que ces données soient utilisables par le plus grand nombre. TYPESOL vise à apporter rigueur et homogénéité dans la dénomination des sols. Ce souci de vocabulaire est moins anodin qu'il n'y paraît car il constitue une gêne dans la transmission de l'information à un double niveau. Elles sont préjudiciables entre expérimentateurs agronomiques et dans la transmission des références acquises vers les producteurs. Dès le début, la volonté autour ce projet était qu'il soit disponible pour tous, notamment pour les agriculteurs et les techniciens agricoles, facile d'accès et simple d'utilisation.

La région Bourgogne est précurseur sur ce projet de clé de détermination et d'inventaire de sols. Le projet a débuté en 2010. L'outil TYPESOL est opérationnel en Bourgogne depuis novembre 2013. Il est accessible directement et gratuitement sur Internet (sites des Chambres d'agriculture, Géobourgogne et Websol). Il peut également être utilisé via Mes parcelles - Bourgogne, logiciel de traçabilité et de gestion de l'exploitation, sans sortir de l'application.

## 2. Le catalogue des sols bourguignons

Le nombre de références nécessaires par Petite Région Naturelle (PRN) est de 3 à 14 sols et la Bourgogne comprend 20 PRN. Chaque référence a fait l'objet d'une fiche. Le catalogue regroupe 197 fiches pour l'ensemble de la Bourgogne **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Le contenu des fiches est détaillé dans le chapitre suivant.

## 3. Les clés de détermination

La région Bourgogne est découpée en Petites Régions Naturelles bourguignonnes définies pour TYPESOL Le découpage de ces PRN est issu des travaux IGCS par département et a été affiné lors des premières phases de travaux de TYPESOL.

Chaque petite région naturelle possède sa propre clé de détermination des types de sol. Elles ont été construites comme suit : chaque embranchement de la clé correspond à un critère de sélection du type de sol et aux extrémités des ramifications se situent les sols de référence.

Les critères de sélection prennent la forme d'une question fermée à 2, 3 ou 4 réponses. Une première question est posée à l'utilisateur. La réponse retenue amène la question suivante et ainsi de suite jusqu'à la détermination du type de sol L'utilisateur répond à des questions successives qui traitent en majorité de la position dans le paysage, des caractéristiques des horizons pédologiques, des contraintes, des comportements et des aptitudes agronomiques des sols. Ainsi, la réponse aux questions est rendue obligatoire. Il s'agit d'une condition d'accès à la question suivante. Le processus de détermination du type de sol prend fin lorsqu'il reste un seul type de sol possible. L'utilisateur a alors possibilité d'afficher la fiche du sol correspondant, et de valider cette recherche ou de l'invalider et faire alors une nouvelle détermination.

## 4. L'architecture de l'interface

D'un point de vue informatique, TYPESOL est organisé en trois modules et s'appuie sur des services :

- un module d'aide à la gestion du catalogue des sols agronomiques bourguignons ;
- un module pour l'enregistrement des clés de détermination pour préparer la recherche en arborescence ;
- un module d'aide à la détermination du type de sol par l'utilisateur.

A chaque module est associé une Interface Web pour la communication avec les futurs utilisateurs. TYPESOL stocke les informations dans une base de données adossée à la base de données régionales pédologiques et peut échanger des informations avec d'autres plateformes (comme Mesp@rcelles). Enfin TYPESOL s'appuie sur des technologies ouvertes, en faisant appel aux logiciels libres pour sa programmation.

## 5. Quels sont les usages ?

Ces informations sur les sols sont utilisées dans plusieurs domaines d'activités très divers.

### **Des usages agronomiques ...**

Ces données sur les sols peuvent être utilisées pour le paramétrage des logiciels de fertilisation, pour la diffusion de bulletins de conseils d'irrigation, pour la mise en œuvre d'itinéraires techniques culturels économes en intrants, pour la conduite des prairies permanentes afin de connaître la résistance à la sécheresse, sensibilité à l'excès d'eau, pour le respect de certaines mesures des programmes d'actions de la Directive « Nitrates », Etc.

Les conseillers et les agronomes pourront aussi plus facilement échanger sur les conditions des essais variétaux ou de fertilisation. Ils pourront également conforter leurs observations du sol à la photographie et au schéma de la fiche. Les caractéristiques physico-chimiques permettent de pouvoir comparer des résultats d'analyses en laboratoire à des références locales.

### **Des usages d'aménagement du territoire ...**

Lors de l'élaboration d'un PLU ou d'un SCOT, la prise en compte du sol est primordiale notamment dans la réalisation du diagnostic agricole et forestier. Pour la réalisation de zonages des types de dispositif d'assainissement autonome et de plans d'épandage des boues urbaines, il est nécessaire de connaître le fonctionnement hydrique du sol. TYPESOL apporte les données utiles à ce type d'étude.

### **Des usages environnementaux ...**

Il est important de connaître le pouvoir tampon des sols vis-à-vis de flux polluant (nitrates, phytosanitaire, bactériologie, etc.) au sein d'une aire d'alimentation en eaux souterraines ou superficielles. Dans le paragraphe « atouts et contraintes – Environnement » des fiches, il est décrit la sensibilité du sol au lessivage ou au ruissellement. Lors de la construction de nouveaux bâtiments d'élevage ou le développement de nouvelles activités industrielles, il est nécessaire de réaliser une étude agro-pédologique afin d'estimer l'impact de ces activités sur la faune et la flore du sol. TYPESOL permet également de déterminer, dans une première approche, si le secteur d'étude est en zone humide et ainsi de statuer en connaissance de cause à la possibilité d'aménagement (ex : drainage) ou d'exploitation de cette zone.

De nombreux autres usages sont envisageables dans de nombreux secteurs, tels que la formation, la construction, etc.

## 6. En conclusion...

La suite du projet est de le faire connaître au maximum d'utilisateurs. TYPESOL sera promu via le portail internet de WEBSOL et des Chambres d'Agriculture de Bourgogne, où un lien pointerait vers TYPESOL. Une plaquette de présentation de TYPESOL a été réalisée pour une diffusion au grand public. L'emploi de l'interface par les Chambres d'Agriculture sera une forte incitation à son usage pour la profession agricole.

Un plan de communication et de formation, plus ambitieux, à destination des collectivités territoriales, des établissements d'enseignement et de la profession forestière est envisagé courant 2014.



**Sols & Territoires**  
Réseau Mixte Technologique

## Evolution du statut organique des sols cultivés : pourquoi et comment l'évaluer à l'échelle d'un territoire ? Exemples d'application en Poitou Charentes.

### Auteurs :



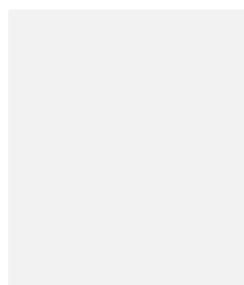
#### **Marion Vigot**

Chambre régionale d'Agriculture de Poitou Charentes  
chargée de programme Innovation prospective Biodiversité;  
animatrice du réseau Ecophyto – biovigilance  
*A développé les méthodes de spatialisation du bilan de carbone organique dans les sols cultivés avec applications dans le Loiret et en Poitou-Charentes (stage d'ingénieur puis chargée d'étude pour le RMT Sols et territoires en 2011-2012)*



#### **Olivier Scheurer**

Institut polytechnique Lasalle Beauvais  
Enseignant-chercheur, Agronomie et pédologie  
*Co-animateur de l'axe « Valorisations » du RMT Sols et territoires ;  
co-animateur du projet ABC'Terre pour la tâche « Bilan de carbone organique des sols agricoles à l'échelle d'un territoire »*



#### **Jean-Baptiste Paroissien**

INRA InfoSol (2011)  
*A développé des méthodes d'affectation des analyses de la BDAT vers les unités typologiques de sols*



#### **Annie Duparque**

Agrotransfert-Ressources et territoires  
Responsable du Pôle Gestion et préservation des ressources naturelles.  
*Partenaire du RMT Sols et territoires.  
Chef de Projet ABC'Terre (ADEME- REACCTIF)  
A conduit le projet « Conservation et gestion de l'état organique des sols » à l'origine de l'outil SIMEOS AMG*



#### **Jean-Luc Fort**

Chambre régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes  
chef du service Agronomie Environnement  
animateur régional Ecophyto  
*co-animateur du RMT Sols et Territoires*

## Communication présentée par Olivier Scheurer

Connaitre l'évolution du statut organique des sols cultivés sur un territoire peut contribuer à l'aide à la décision, pour différents objectifs et à différentes échelles. Dans un objectif de maintien ou d'amélioration de la **qualité des sols**, la production de références agronomiques locales est nécessaire pour l'**adaptation des pratiques** culturales à l'échelle de l'exploitation. Une étape préalable est l'identification de cas-types basés sur le type de sol et le système de culture pour caractériser les situations à risque, engendrant un déstockage de carbone. A l'échelle du territoire, le **développement de filières** de production de biomasse ou de recyclage de produits organiques, doit s'appuyer sur le zonage du territoire selon l'évolution des stocks de carbone. L'export de biomasse peut ainsi être privilégié dans les situations ayant tendance à stocker du carbone, tandis que les situations en déstockage seront prioritaires pour des apports de produits organiques. Par ailleurs, l'évolution des stocks de carbone dans les sols peut être intégrée à la quantification des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'un territoire. Cela revient à calculer un bilan prenant en compte les sols et les pratiques de l'ensemble du territoire. On cherche ainsi à savoir si les sols cultivés permettent une compensation des émissions de GES, et dans quelle mesure des changements de pratiques amélioreraient ou dégraderaient ce bilan.

A travers l'exemple de différents territoires de Poitou-Charentes, l'exposé montrera comment l'**exploitation conjointe de plusieurs bases de données** (BDAT, RRP, RPG, REGIFERT- LCA), puis l'utilisation de l'**outil de calcul de bilan humique SIMEOS AMG**, permet de traiter ces questions. On établit d'une part à une carte régionale des teneurs et stocks de carbone dans les sols cultivés, d'autre part un **inventaire des combinaisons « rotation culturale x type de sol x teneur en carbone organique actuelle »**, complété par une caractérisation des pratiques à dire d'expert. L'évolution à long terme du carbone organique du sol est calculée dans chaque combinaison puis synthétisée à l'échelle du territoire (exemple en figure1). L'impact d'un changement de pratiques sur les émissions nettes de CO<sub>2</sub> par le sol est simulé en prenant l'exemple de la généralisation des cultures intermédiaires.

Ces travaux se prolongent actuellement dans le cadre du projet ABC'Terre soutenu par l'ADEME, pour proposer une méthode de calcul du bilan net des GES à l'échelle du système de culture qui intègre les variations de stock de carbone organique dans les sols agricoles.

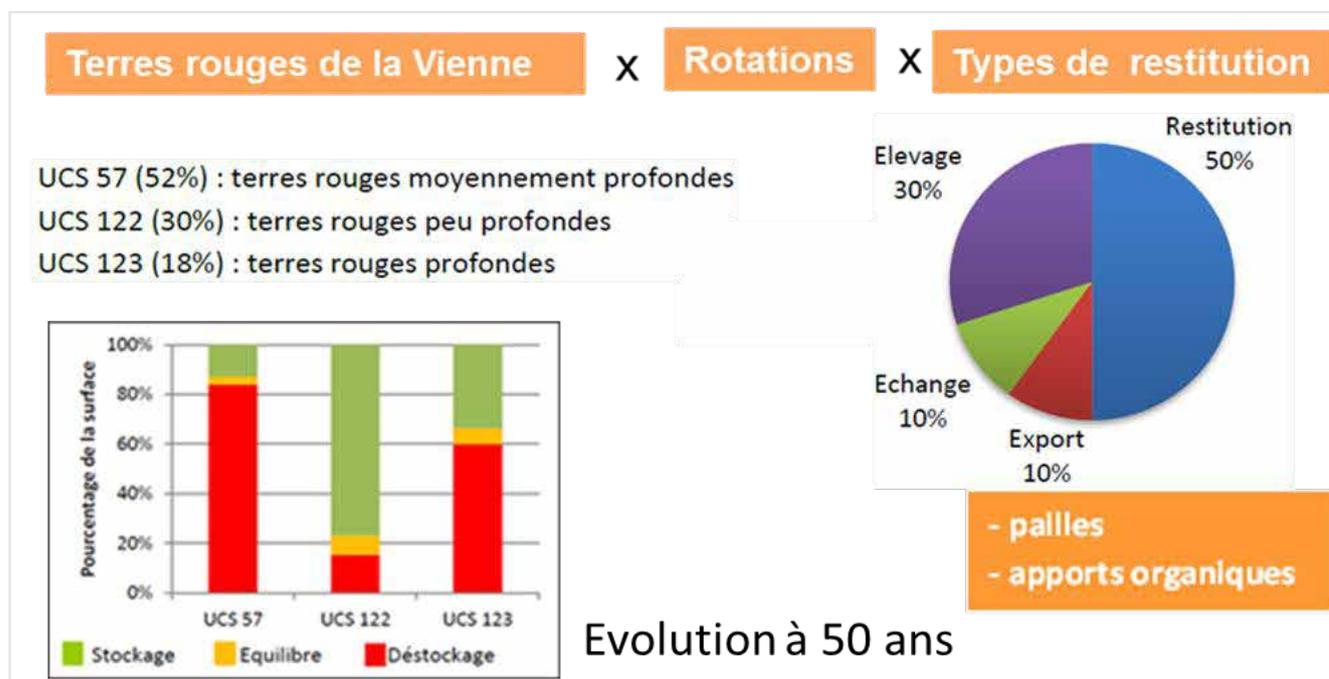


Figure 1: Evolution simulée des teneurs en Carbone organique (terres rouges de la Vienne)

## Réseau PRO, référencement des Produits Résiduaire Organiques dans un système d'information mutualisé

Bell Alix<sup>1</sup>, Michaud Aurélie<sup>1</sup>, Schaub Anne<sup>2</sup>, Trochard Robert<sup>3</sup>, Sagot Stéphanie<sup>4</sup>, Dumont Solène<sup>5</sup>, Parnaudeau Virginie<sup>6</sup>, Leclerc Blaise<sup>7</sup>, Heurtaux Mathilde<sup>8</sup>, Houot Sabine<sup>1</sup>

(1) INRA, UMR INRA – AGROPARISTECH Environnement et Grandes Cultures, 78850, Thiverval-Grignon, FR

(2) ARAA, 2 allée de Herrlisheim 68000, Colmar, FR

(3) ARVALIS Institut du Végétal Station de La Jaillière 44370 La Chapelle St Sauveur, FR

(4) LDAR, 180 rue Pierre-Gilles de Gennes Barenton-Bugny 02007 LAON cedex

(5) TRAME, 6 rue de la Rochefoucauld 75009, Paris

(6) INRA, UMR Sol Agro et hydrosystèmes Spatialisation 65, Route de Saint Briec - CS 84215 - 35042 Rennes Cedex

(7) ITAB, BP 16 - 84160 Cucuron

(8) ACTA, 149, rue de Bercy, 75595, Paris Cedex, FR

\*e-mail auteur : [abell@grignon.inra.fr](mailto:abell@grignon.inra.fr)

### Contexte et objectifs

Le projet Réseau PRO, soutenu financièrement par le CasDAR et l'ADEME, a été initié en 2011 dans l'objectif de mutualiser et partager les données acquises sur des essais au champ évaluant les effets du recyclage en agriculture de Produits Résiduaire Organiques (PRO) et conduits par des structures impliquées dans la filière de recyclage des PRO. Dans un premier temps, une enquête a été réalisée dans le but d'inventorier à l'échelle nationale les essais au champ étudiant les effets agronomiques, environnementaux et/ou sanitaires de l'épandage des PRO. Comme l'inventaire le met en évidence, les terminologies employées dans les divers essais pour désigner les PRO étudiés et le niveau d'informations disponibles permettant de décrire les PRO (composition, traitements, etc.) sont très hétérogènes.

Partant de ce constat, un travail d'homogénéisation des terminologies relatives aux PRO et du niveau de précision de leur description a été conduit en vue de (i) pouvoir mutualiser les données relatives aux PRO et les informations sur leur origine (agricole, urbaine, industrielle) et (ii) créer une nomenclature nationale des PRO (PRO regroupés en classes), partagée par les structures impliquées dans la filière de recyclage des PRO en agriculture.

L'objectif de cette présentation est d'exposer la méthodologie proposée dans le cadre du Réseau PRO pour décrire les PRO épandus en agriculture, en termes d'origine et de traitement, ainsi que la nomenclature établie en lien avec la composition des PRO (matières entrantes et proportions dans le PRO, caractéristiques des matières entrantes).

### Méthodologie

Un fichier Excel a été développé d'une part dans l'optique d'homogénéiser les terminologies employées pour les PRO et la méthode de description, et d'autre part, pour permettre l'intégration des données acquises sur les essais étudiant le recyclage agricole des PRO dans la base de données qui sera développée dans le cadre du Réseau PRO.

Parallèlement, une nomenclature nationale des PRO, en cours d'élaboration, définit plusieurs critères permettant de classer les PRO (grand type – ex : « Effluent d'élevage non traité », type – ex : « Fumier de bovins ») en fonction de leur composition. Dans le fichier Excel développé, ces différents critères ont été intégrés dans une méthode de description s'appuyant sur des listes de choix de réponses (menus déroulants) pour chaque information demandée afin d'homogénéiser les terminologies. Ces menus déroulants facilitent le travail des personnes chargées de remplir le fichier Excel et l'intégration des données dans la base de données du Réseau PRO via l'homogénéisation de la terminologie.

La méthode utilisée garantit en outre une description aussi détaillée que possible des PRO et permet de recouper les informations renseignées avec la nomenclature des PRO établie dans le projet.

Dans ce fichier, plusieurs niveaux de renseignement sont à compléter. Le premier niveau consiste à donner des informations d'ordre général concernant le PRO : coordonnées du producteur du PRO, statut du PRO (déchet, homologation, norme associée...), sa forme physique (pulvérulent, liquide,

solide...), et, le cas échéant, son nom commercial et les teneurs N/P/K annoncées.

Ensuite, 3 étapes, hiérarchisées et interdépendantes, permettent de renseigner la nature et l'origine du PRO décrit :

- 1) Description et composition du PRO : origine des matières organiques entrantes, grand type de PRO (compost, digestat, matière organique non traitée, ...) et nom des matières entrantes du PRO
- 2) Traitement(s) appliqué(s) : type(s) de traitement (compostage, méthanisation, séchage...), durée de traitement et autres caractéristiques propres à chaque type de traitement
- 3) Stockage du PRO : conditions et durée de stockage du PRO après traitement(s) et avant épandage.

## Conclusion

Depuis fin 2012, la méthode proposée a été testée pour une 100<sup>aine</sup> de PRO. Elle est bien adaptée pour la classification et la description d'une grande diversité des PRO recyclés en France d'origine urbaine, industrielle et agricole. De plus, les informations collectées par cette méthode permettent de remonter à la nomenclature des PRO qui est élaborée pour le projet.

Cette méthode de description des PRO va donc permettre de comparer les PRO de même type étudiés sur les essais recensés dans l'enquête du Réseau PRO et de faciliter la mise en place d'une typologie des PRO basée sur les effets attendus au champ.



**Alix BELL**

**Depuis 2011 : Ingénieur chargé de mission Agronomie-Environnement**

ACTA / INRA UMR EGC Sol

Co-animation et coordination du projet CasDAR/ADEME « Réseau PRO »

**2010** : diplôme d'ingénieur Agriculture, Agro-alimentaire, Environnement – Spécialité Environnement



**Aurélia MICHAUD**

**Depuis 2008 : Ingénieur INRA UMR EGC Thiverval-Grignon**

Animation et coordination de réseaux scientifiques et techniques sur le recyclage des PRO

**2007-2008 Ingénieur en recherche et développement, enseignante**

LD40 – IUT des Pays de l'Adour, Mont de Marsan

**2004-2007 Thèse de Doctorat en sciences du sol** (Montpellier SupAgro), spécialisation biologie et chimie du sol, sites et sols pollués



**Mathilde HEURTAUX**

**Depuis 2013 : Ingénieur Agronomie-Environnement ACTA**

Animation et coordination de projets partenariaux de recherche en Fertilisation et Environnement

**1994 à 2012** : Pilotage de projets de coopération scientifique et technique, coordination de réseaux d'acteurs du développement au Togo et au Bénin.

**2006** : *Master of Science* en Géographie, University of New Mexico (USA)

**1993** : Diplôme d'ingénieur agronome, spéc. Développement agricole et rural, INA PG



**Sabine HOUOT**

**Directrice de recherche INRA UMR EGC Sol**

Produits résiduaux organiques, compostage, matières organiques

## Minéralisation de l'azote de la vinasse de sucrerie apportée à la betterave

Caroline Le Roux (LDAR), Nathalie Damay (LDAR), Jean-Michel Chassine (Tereos), Jean-Marie Machet (INRA)

### Résumé :

Depuis 2005, des essais de plein champ ont été conduits annuellement sur différentes modalités d'apports de vinasse de sucrerie et de gestion de l'interculture. L'objectif est d'évaluer l'effet azote de ce produit organique et les interactions avec les cultures intermédiaires.

Les vinasses sont des coproduits issus de l'industrie sucrière, obtenus lors de la production d'alcool à partir de la betterave à sucre. Elles sont utilisées en tant que fertilisant pour les cultures conventionnelles et biologiques.

Les apports de vinasse de sucrerie ont été réalisés à deux dates différentes : fin d'été ou printemps. Les apports d'été se font selon 2 modalités : présence ou non de cultures intermédiaires. Ces dernières sont soit des crucifères (moutarde), soit des mélanges crucifères-légumineuses, voire des légumineuses pures (vesce) - résultats non présentés pour ces dernières modalités. Pour les différents traitements expérimentaux, des essais courbes de réponse à l'azote ont été mis en place par Tereos sur la culture de betterave. Ces essais comportent 5 doses d'azote avec une modalité sans apport d'azote minéral.

Sur le plan des déterminations au niveau des plantes, la biomasse et l'azote absorbé par les cultures intermédiaires ont été mesurés et permettent de donner une estimation de la quantité d'azote libérée par la vinasse à l'automne. Par différence entre les quantités d'azote absorbé par les cultures intermédiaires ayant ou non reçues des apports de vinasse, on peut calculer le coefficient de disponibilité de l'azote de la vinasse entre la date d'apport et la date de destruction de la culture intermédiaire. Ce coefficient de disponibilité est en moyenne de 0.2 mais présente une forte variabilité selon les années (de 0.03 à 0.28).

Sur la culture de betterave, des courbes de réponse à l'azote ont été mises en place sur les diverses modalités et permettent de déterminer la dose optimale. Les critères quantitatifs (rendement en racines scalpées, teneur en sucre, rendement en sucre par hectare) et qualitatifs (teneurs des racines en potassium, sodium, azote alpha-aminé et glucose) de la culture ont été analysés.

Les quantités d'azote absorbé par les feuilles et racines ont été mesurées sur les témoins sans apport d'azote minéral. A partir de ces résultats, les coefficients de disponibilité de l'azote de la vinasse pour la betterave varient de 0.6 (ET = 0.2) pour des apports d'été à 0.5 (ET = 0.3) pour des apports de février. Dans les situations avec implantation de culture intermédiaire, les coefficients de disponibilité sont plus difficiles à interpréter.

Des suivis de mesure d'azote minéral dans le sol sur la période automne-hiver montrent une disponibilité moindre de l'azote de la vinasse.

La figure 1 présente les moyennes interannuelles des poids valeur pour les différentes modalités en fonction de l'écart entre la dose d'azote minéral appliquée et la dose conseillée par AzoFert®. Le poids valeur intègre le critère richesse en sucre. D'une manière générale, la dose conseillée est proche du maximum observé sur la courbe de réponse.

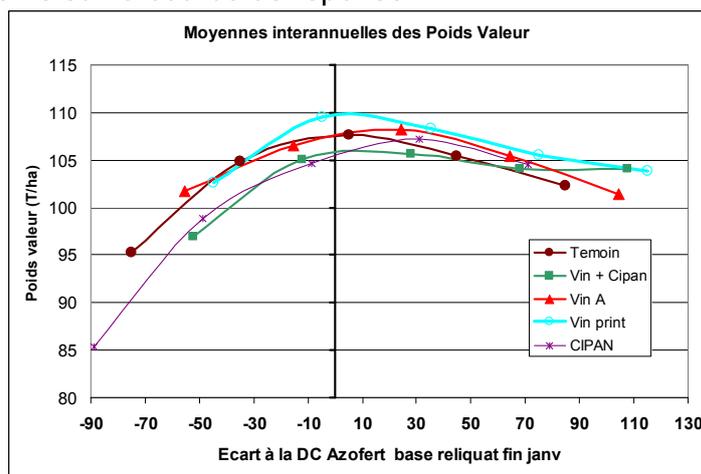


Figure 1 : Moyennes interannuelles des poids valeur pour les différentes modalités

L'ensemble des résultats permet de valider la prise en compte des effets de l'apport de vinasse et de l'implantation des cultures intermédiaires. La figure 2 montre la relation entre les quantités d'azote mesurées sur les témoins 0 et les fournitures en azote du sol estimées par AzoFert® pour les différentes modalités.

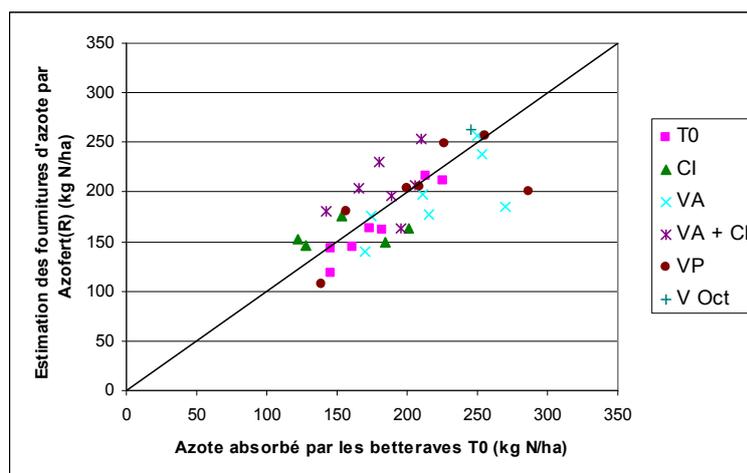


Figure 2 : Fournitures d'azote du sol mesurées sur les témoins 0 en fonction des fournitures d'azote estimées par AzoFert®. (T0 = Témoin, CI = Culture intermédiaire, VA = Vinasse août, VA+CI = Vinasse août et culture intermédiaire, VP = Vinasse de printemps, V Oct = Vinasse d'octobre)

Les mesures réalisées sur l'ensemble de ces expérimentations permettent d'approcher la valeur azotée de la vinasse de sucrerie en conditions de plein champ en intégrant la variabilité des conditions climatiques et l'effet des pratiques culturales au cours de la période d'interculture, permettant une meilleure gestion de la fertilisation azotée de la betterave.

#### Auteurs :



Caroline LE ROUX

Responsable technique études agronomiques et fertilisation azotée au Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherche de l'Aisne (LDAR)



Nathalie DAMAY

Ingénieur Agronome  
Responsable du département Innovation et Transfert, LDAR  
Responsable Agronomie, Chargée de relations clientèle en agronomie.  
Co-animation du groupe Produits Résiduaux Organiques (PRO) du Comifer



Jean Michel CHASSINE

Responsable du Service Agronomique de Tereos  
11 rue Pasteur 02390 Origny Sainte Benoîte



Jean-Marie MACHET

Ingénieur de recherche  
INRA Centre de Lille  
Unité de recherche Agro-Impact - Site de Laon



## Communication 2013

### Les rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de la terre

#### Résumé/mini CV

#### Le déflafonnement des rendements grâce aux cultures intermédiaires

#### Philippe GERARD - Coopérative VIVESCIA



Philippe GERARD, Technicien expert Innovation Agronomie Environnement au service Agronomique de la Coopérative VIVESCIA  
 Responsable du dossier Fertilisation  
 Membre du GREN Champagne Ardennes  
 Membre du COMIFER Azote, Phosphore et Potasse

L'implantation de Cultures Intermédiaires Pièges à Nitrates est obligatoire dans le cadre de la Directive Nitrates en zones vulnérables et le taux de couverture des sols doit maintenant atteindre 100 %. Cette obligation réglementaire est souvent vécue comme une contrainte par les agriculteurs ; cependant, les couverts présentent de nombreux atouts (agronomiques, environnementaux et économiques).

Durant ces dernières années, le service agronomique de VIVESCIA a réalisé une expérimentation sur l'effet des couverts sur les cultures suivantes dans différents types de sols et sur diverses cultures. Les résultats de cette expérimentation montrent, assez régulièrement, un déflafonnement des rendements voire une possible réduction de la dose d'azote sur les cultures implantées après couverts surtout en présence de légumineuses.

Si des interrogations subsistent chez les agriculteurs (effet sur le bilan hydrique, problème de parasitisme, gestion des adventices annuelles et vivaces, date de destruction, - - -), on peut cependant considérer que l'implantation de couverts à base de légumineuses permet de transformer une contrainte réglementaire en atout économique.



## INTERETS ET LIMITES DE LA LOCALISATION DES ENGRAIS AZOTES ET PHOSPHATES AU SEMIS DES CEREALES A PAILLE

Damien BRUN, ARVALIS Institut du Végétal

La localisation des engrais au semis consiste à apporter tout ou partie de la dose totale d'engrais conjointement au semis de la culture en une seule et même opération. La machine utilisée est un semoir comportant *a minima* deux trémies : une pour la semence et la seconde pour l'engrais. Cinq principes de localisation existent chez les différents constructeurs : de la plus simple techniquement (au contact de la semence dans le même sillon) à la plus complexe (engrais localisé entre deux lignes de semis).

L'intérêt majeur de cette pratique est de favoriser la mise à disposition des différents éléments auprès des jeunes plantes. Mais attention, chaque type d'éléments minéraux a une mobilité différente selon les deux grands modes de déplacements. La convection ou « mass flow » concerne des déplacements relativement important (de l'ordre du centimètre) pour des éléments comme le nitrate ou le sulfate. *A contrario*, les déplacements de plus courtes distances (quelques millimètres) vont plutôt concerner les éléments comme le phosphore, le potassium, le magnésium ou encore le calcium. Pour ces derniers, on parle alors de diffusion lorsque les mouvements d'éléments se font par gradient de concentration. Positionner l'engrais au plus près des futures racines a donc tout son sens pour des éléments peu mobiles (PK par exemple) d'autant plus que les besoins des cultures ont lieu plutôt précocement au cours du cycle des cultures. Pour le cas d'éléments plus mobiles, le positionnement proche des racines est moins primordial. L'intérêt de la localisation réside alors essentiellement dans l'acte d'enfouissement de l'engrais sous la surface permettant de le soustraire à d'éventuels phénomènes de pertes en surface, comme la volatilisation ammoniacale pour les engrais azotés. L'enfouissement peut aussi avoir un intérêt pour des éléments peu mobiles dans la solution du sol mais qui peuvent être soumis à des pertes par ruissellement comme le phosphore. Enfin, la spécificité des cultures vis-à-vis du développement racinaire (vitesse de croissance, largeur de l'inter-rang) est aussi à prendre en compte. Dans ce contexte, les céréales à paille présentent a priori une faible sensibilité racinaire à la localisation (inter-rang étroit, système racinaire performant).

Si la localisation de l'engrais au semis présente en théorie un certain nombre d'avantages, l'engrais positionné à proximité des racines peut également présenter un risque de toxicité pour les cultures. Les phénomènes en jeu sont principalement la toxicité ammoniacale et l'impact sur la pression osmotique de la solution du sol caractérisée par l'indice de salinité des engrais. Au niveau technique ou agronomique, certains facteurs de risques existent comme la dose d'engrais, le type d'engrais (salinité, teneur en ammonium), le mode de placement de l'engrais, le type de sol (humidité lors du semis, CEC) et les conditions pédo-climatiques durant le cycle végétatif. Ce dernier point est particulièrement important car il conditionne en partie les capacités de compensation de la culture suite à d'éventuelles pertes de plantes à la levée.

En termes d'expérimentations trois thématiques différentes ont été travaillées. En premier lieu, la localisation de l'azote sur orge de printemps a été étudiée sur sept essais entre 1996 et 2013 dans des contextes pédo-climatiques différents (limon argileux de Beauce, argilo

calcaire de Lorraine et craie de Champagne). Cette série montre que l'orge de printemps ne réagit positivement à la localisation qu'en cas de difficultés d'absorption de l'azote en surface (pertes par volatilisation, absorption retardée par les conditions de croissance difficiles...). Ensuite, l'apport de phosphore localisé a également été étudié sur la même culture mais également sur du blé d'hiver. En cas de sols peu pourvus en phosphore, la localisation n'a pas apporté d'effet positif supplémentaire à un apport de surface sur blé d'hiver. En cas de sols mieux pourvus, aucun effet phosphore n'a été mis en évidence que ce soit pour l'orge de printemps ou pour le blé d'hiver. Enfin, les expérimentations ciblées sur l'évaluation des risques de toxicité des engrais localisés ont mis en évidence un fort impact des engrais à base d'urée, avec une forte interaction avec la dose et la proximité du système racinaire.

## **Damien BRUN**

ARVALIS Institut du végétal, 91720 BOIGNEVILLE

[d.brun@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:d.brun@arvalisinstitutduvegetal.fr)

Ingénieur agronome (Nancy, 2002)

Ingénieur service Arvalis depuis 2008, en charge des thématiques outils de travail du sol & semis



# MÉTHODE, ANALYSES

## 3<sup>ème</sup> session

Présidée par François SERVAIN,  
Président du GEMAS

De nouvelles techniques d'analyses rendent possible la caractérisation de paramètres plus complexes.

La construction d'un référentiel est nécessaire à leur interprétation. ●

### **Analyse des carbonates résiduels pour étudier le devenir au champ des amendements minéraux basiques carbonatés et leur effet sur le pH du sol**

Alain BOUTHIER - ARVALIS Institut du végétal / François-Xavier GAUMONT - MEAC

Utilisation d'une nouvelle méthode de détermination des carbonates restant dans le sol après un apport d'amendement minéral basique carbonaté. Méthode mise au point puis normalisée en 2012 suite à un partenariat entre la SADEF et MEAC par adaptation de la méthode de dosage du calcaire total dans les sols. ●

### **Prendre en compte tous les indicateurs de l'acidité des sols pour l'interprétation et le conseil**

Bruno FÉLIX-FAURE - Animateur du groupe chaulage du COMIFER

Sur la base d'exemples concrets, la présentation passera en revue les raisons possibles de discordance entre les différents indicateurs et leur possible interprétation. Les écarts de diagnostic seront considérés dans un second temps, pour finir sur une proposition de démarche sous forme d'algorithme pour une prise de décision. ●

### **Revue des méthodes d'analyses agronomiques utilisées en Europe**

Nicolas PROIX - INRA Arras, Laboratoire d'analyses des sols

Revue des méthodes existantes en Europe dans les domaines : CEC et bases échangeables ; oligo-éléments ; teneurs en éléments totaux ; caractérisation physico-chimique granulométrie, pH. Le rôle de la normalisation des méthodes sera également discuté. Mise en avant des différences entre les méthodes utilisées pour prédire les mêmes fonctions agronomiques. ●

### **L'Azote Potentiellement Lessivable (APL) pour prédire le reliquat azoté au printemps en Wallonie**

Sébastien PETIT - Université Catholique de Louvain / Nitrawal ASBL

Présentation de résultats d'un mémoire de fin d'étude réalisé à l'Université Catholique de Louvain. Création d'un outil qui a pour objectif la simplification de la procédure des conseils de fertilisation, la réduction de leur coût et l'augmentation du nombre de conseils pouvant être octroyés chaque année. ●

### **La mesure d'Azote Potentiellement Minéralisable : un indicateur pour préciser le poste minéralisation du sol**

Carole ROCCA - INVIVO / Laurent VARVOUX - TERRENA

Mesure terrain permettant à partir d'un prélèvement de terre soumis à un extractant spécifique de déterminer une valeur corrélée aux rendements des témoins sans azote. Étude menée en 2007 et 2008 sur plus de 400 parcelles qui a permis de mettre en évidence que cette valeur était impactée par l'historique d'apport d'effluents organiques et les prairies. ●

### **De Genosol à GenoBiome, mise en place d'une structure analytique pour évaluer l'état biologique du sol**

Lionel RANJARD - INRA Dijon

La plateforme GenoSol représente l'aboutissement de l'expertise et du savoir faire de l'unité en termes de standardisation des outils moléculaires pour le développement de bioindicateurs de la qualité des sols et de mise en place de référentiel. GenoBiome est une "Business unit" adossée à GenoSol pour gérer les partenariats industriels et répondre aux demandes des exploitants agricoles. ●



# MÉTHODE, ANALYSES

3<sup>ème</sup> session

## Résumés





Groupe Chaulage

## Utilisation de la méthode d'analyse des carbonates résiduels pour étudier le devenir au champ des amendements minéraux basiques carbonatés

Résumé détaillé

### Auteurs :



Jean Yves Baliteau

Responsable technique et scientifique de SADEF, laboratoire agronomique spécialisé dans la nutrition des plantes (analyses de sols, plantes et matières fertilisantes).  
A mis au point la méthode de mesure des carbonates restants



Alain Bouthier

Ingénieur d'études au pôle Agronomie d'ARVALIS-Institut du Végétal, spécialiste sols et fertilisation.



François-Xavier Gaumont

Responsable Agronomie, Réglementation et R&D chez MEAC  
Expert Amendements minéraux basiques au BNFERTI et au CEN  
Travaux sur la dissolution des AMB, sur la caractérisation des AMB avec la réactivité citrique, sur les IPA et sur les changements d'unités (VN, éléments)



Caroline Le Roux

Responsable technique études agronomiques et fertilisation azotée au Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherche de l'Aisne (LDAR)  
Mise en place et suivi d'essais au champ ou au laboratoire

### Communication présentée par Alain Bouthier et François-Xavier Gaumont

La présentation s'articule autour de quatre points : i) la finalité et le principe de la méthode, ii) la validation de la méthode, iii) son utilisation en incubation et iiiii) son utilisation au champ dans deux dispositifs expérimentaux.

### Finalité et principe de la méthode

Les indicateurs traditionnels du statut acido basique (pH et S/CEC essentiellement) montrent des limites quand il faut comparer l'efficacité réelle à un moment donné de différents amendements carbonatés.

La méthode alternative proposée et normalisée TS 16375 (SADEF / MEAC) part du principe qu'un Amendement Minéral Basique (AMB) carbonaté doit se dissoudre pour être efficace.

Il suffit de pouvoir mesurer la quantité encore présente au temps t pour établir le taux de dissolution de l'AMB. On peut également établir une cinétique de dissolution dans différentes conditions.

La méthode s'inspire de la mesure du calcaire total dans les sols : Attaque en conditions contrôlées à l'acide chlorhydrique et mesure du dégagement gazeux (CO<sub>2</sub> du carbonate) produit. La précision de la méthode est améliorée sur plusieurs points de la procédure analytique.

### Validation de la méthode

La normalisation de la méthode impose un test inter laboratoires pour éprouver sa fiabilité.

Ce test a été suivi d'une étude (SADEF) destinée à vérifier qu'une quantité donnée connue de CaCO<sub>3</sub> (de 0 à 100 mg / 100 g de terre) ajoutée à un sol était bien retrouvée par la méthode. La pente de la droite de corrélation est proche de 1 (0,98), et son R<sup>2</sup> est bon : 0,98. La méthode est donc fiable, même si les conditions de sa mise en œuvre sont très « pointues ».

### Utilisation de la méthode pour des essais en incubation avec un suivi sur une période de 3 mois (SADEF / CELAC)

Une première série d'essai a été réalisée dans le but de valider les hypothèses de base :

Le taux de dissolution, dépend i) de la finesse des particules, ii) de l'acidité du milieu et iii) de la qualité de la dispersion des particules.

En pratique, ce dispositif n'a permis de valider statistiquement que la première hypothèse.

Un dispositif parallèle de suivi sans répétition a toutefois permis de constater des taux de dissolution toujours plus élevés dans le sol acide avec le produit fin, par rapport au sol neutre avec le produit grossier.

### Utilisation de la méthode avec des essais au champ

- En conditions d'incorporation parfaites (LDAR / MEAC) avec un suivi sur une période de 6 mois

Le dispositif a montré sur une période de suivi plus longue que celle de l'essai en incubation la non linéarité de la dissolution, l'influence de l'acidité du milieu et de la finesse des particules (1mm au maximum), mais n'était pas adapté pour montrer l'influence de la dispersion des particules sur la cinétique de dissolution.

- En conditions agricoles avec incorporation des amendements par un travail du sol superficiel et un suivi sur une période de 45 mois.(ARVALIS)

Trois fractions granulométrique d'un même amendement ont été épandues à même date sur 2 sites expérimentaux dont les sols différaient entre autres facteurs, par le pH.

Les essais Arvalis ont confirmé la cinétique de dissolution non linéaire et ont montré une vitesse de dissolution plus lente que dans les essais avec une incorporation parfaite. Ils ont confirmé l'influence de la finesse des produits sur la cinétique de dissolution. On observe globalement et à moyen terme, des cinétiques assez semblables entre les deux sites, qui ont pourtant des pH différenciés, mais d'autres facteurs ont pu intervenir, notamment le travail du sol.

Ces deux essais montrent d'ailleurs une forte interaction entre le travail du sol et la dissolution des amendements testés qui est quasi complète au bout des 45 mois de suivi qui comportaient 18 mois de sol nu non travaillé et 2 campagnes culturales. Au final, une durée de suivi de plusieurs années est nécessaire pour bien évaluer la cinétique de dissolution de produits plus grossiers. Le travail se poursuit pour trouver un modèle de cinétique de dissolution prenant en compte ces différents paramètres.

## Prendre en compte tous les indicateurs de l'acidité des sols pour l'interprétation et le conseil

Résumé détaillé



Bruno Félix-Faure

- Responsable Agronomie, Grandes Cultures et Prairies de GALYS, laboratoires d'analyses agricoles (analyses : de sol, de reliquat d'azote minéral, de végétal, d'amendement organique et de matières fertilisantes).

GALYS (siège social) - 14 rue André Boulle - 41000 Blois

- Animateur du Groupe Chaulage du COMIFER

[bruno.felixfaure@galys-laboratoire.fr](mailto:bruno.felixfaure@galys-laboratoire.fr)



Matthias Carrière

- Ingénieur régional sud au sein du groupe Agro-Systemes/Laboratoire SA, référent technique agronomie, fertilisation.

SAS Laboratoire / AGRO-Systèmes – 270 avenue de la Pomme de Pin – 45160 ARDON

[mcarriere@agro-systemes.com](mailto:mcarriere@agro-systemes.com)



Sébastien Kalt

- Ingénieur pour les analyses de terre, chargé des problématiques fertilisation - Chaulage sur les Grandes Cultures.

LCA (siège social) La Rochelle ZI Chef de Baie - 1 rue Champlain 17074 La Rochelle

[sebastien.kalt@laboratoirelca.com](mailto:sebastien.kalt@laboratoirelca.com)

- Communication présentée par Bruno Félix-Faure

• La présentation s'articule autour de quatre points : 1<sup>er</sup> point : Les indicateurs de l'acidité, 2<sup>ème</sup> point : Parmi ces indicateurs lesquels sont les plus pertinents, 3<sup>ème</sup> point : Dans certaines situations, des cas de discordance entre indicateurs peuvent s'observer. Quelles en sont les causes possibles et 4<sup>ème</sup> point en conclusion : Quels sont les éléments à prendre en compte pour raisonner le chaulage, notamment dans des situations où les indicateurs de l'acidité présentent une discordance.

### • Les indicateurs de l'acidité :

▪ **Le pH<sub>eau</sub>** : la mesure du pH consiste à mesurer la concentration en ions H<sup>+</sup> (protons), soit  $\text{pH}_{\text{eau}} = -\log_{10} [\text{H}^+]$ .

Au laboratoire cette mesure se réalise avec 1 volume de sol dans 5 fois son volume d'eau. Le sol est séché et tamisé à 2 mm. La norme implique 1 h d'agitation, puis attente de 1h avant mesure au pH mètre (à 20 °C). En France nous utilisons le paramètre pH eau. Nos voisins européens utilisent le pH<sub>CaCl2</sub>.

Dans le sol, les flux de protons sont permanents et le pH en est donc la résultante. La production de protons (H<sup>+</sup>) par les différentes réactions biologiques du sol est très active là où se trouvent localisées la matière organique et l'activité racinaire. Le sol, grâce à son pouvoir tampon, va s'opposer à ces variations de pH (élévation de pH suite à un chaulage, diminution de pH suite à des phénomènes d'acidification). Argile et matière organique constituent le principal pouvoir tampon dans une gamme de pH<sub>eau</sub> de 5,5 à 7,0. En sol calcaires les carbonates vont également jouer ce rôle de pouvoir tampon et en sol acide, l'altération des argiles (minéraux aluminosilicates) libérant de l'aluminium échangeable joue également ce rôle de pouvoir tampon.

Le pH<sub>eau</sub> subit une variation saisonnière qui peut être importante. Un suivi pH réalisé sur une parcelle du Sud-Ouest en sol limoneux, montre que cette variation peut aller jusqu'à 1 point de pH dans les sols peu tamponnés (faible CEC).

Le pH<sub>eau</sub> est plus élevé en période hivernale. Inversement au printemps, sa valeur s'abaisse pour atteindre un minimum en juin. L'activité biologique variable suivant la température du sol, la présence ou non d'une culture avec un système racinaire actif, les apports d'azote sous forme ammoniacale (uréique également) vont être à l'origine de ces variations de pH.

▪ **Le pH<sub>KCl</sub>** : sa mesure laboratoire correspond à celle du pH réalisée avec 1 volume de sol dans 5 fois son volume d'une solution de chlorure de potassium (KCl) à 1 mol/l. Le pH<sub>KCl</sub> subit une variation saisonnière identique au pH<sub>eau</sub>. Il est faux de dire que le pH<sub>KCl</sub> indique la valeur minimale que le pH<sub>eau</sub> atteindra après acidification.

• **L'aluminium échangeable** : La méthode analytique consiste en une extraction dans une solution de KCl, puis titration ou spectrométrie. Lorsque le  $pH_{eau}$  prend des valeurs inférieures à 5,8 – 5,5 les composés aluminiques subissent une dissolution (cas des argiles ou phyllosilicates d'aluminium, oxydes ou hydroxyde d'aluminium). Cette dissolution entraîne une libération dans la solution d'ions d'aluminium :  $Al(OH)_2^{2+} + H^+ \rightarrow Al^{3+} + H_2O$ . Les ions  $Al^{3+}$ , plus facilement échangeables, peuvent prendre les places occupées par les cations  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$  sur le système adsorbant. Ces ions  $Al^{3+}$  sont toxiques pour les racines. Le seuil de toxicité aluminique se situe autour de 50 mg d'Al. échangeable/kg. Dans les sols à forte teneur en matière organique une fraction de l'aluminium complexé (non toxique) est dosée.

Dans des situations de sols très acides, le calcul du Besoin En Base (BEB) se devrait d'intégrer à la fois :

Le  $BEB_1$  pour neutraliser l'Al éch., puis le  $BEB_2$  pour remonter le pH ou le taux de saturation (selon la méthode).

A titre d'exemple : 930 unités VN/ha sont nécessaires pour éliminer 100 mg/kg d' $Al^{3+}$  (pour 3000T de terre/ha)

• **Le taux de saturation** ( $S/CEC = \text{Somme des cations} / \text{CEC-Metson (en \%)}$ ) nécessite le dosage des cations échangeables (Calcium, Magnésium, Potassium, Sodium) et la mesure de la CEC selon la méthode Metson (réalisée à pH 7,0 et non au pH du sol). pH et S/CEC sont assez bien corrélés.

Les sols très acides sont désaturés avec des S/CEC très faibles. Inversement les sols calcaires (même très légèrement) sont saturés avec des taux de saturation supérieurs à 100% (quelques g/kg de  $CaCO_3$  suffisent pour avoir  $S/CEC > 100\%$ ). En-dessous de pH 7,0 le dosage classique des carbonates (calcaire total) n'est pas suffisamment sensible pour quantifier une présence éventuelle de carbonate.

Une étude réalisée sur l'année 2012 avec 5 654 échantillons (en provenance de la coopérative AXEREA : Zone Centre départements : 18-28-36-37-41-45) a permis d'étudier la relation pH en fonction de S/CEC.

Une 1<sup>ère</sup> approche sous forme de nuage de points semble indiquer dans un 1<sup>er</sup> temps une dispersion assez importante rendant peu discernable la corrélation pH – S/CEC. La présence de 23% de sols calcaires (Calc.tot.> 5g/kg) explique le fort pourcentage d'analyses avec  $S/CEC > 100\%$ . Nous notons qu'une proportion d'analyses (9% du total) présente un pH > 7,0 mais avec un  $S/CEC < 100\%$ . En ne sélectionnant que les analyses prélevées en hiver cette proportion augmente jusqu'à 24% (pH plus élevé en hiver). A l'inverse, des analyses présentant un pH < 7,0 mais avec  $S/CEC > 100\%$  se rencontrent surtout sur la période printemps-été-automne.

L'approche "nuage de points" a l'inconvénient de mettre en avant la dispersion, car l'empilement des points n'est pas perceptible. C'est pourquoi une autre approche a été réalisée en recherchant par "tranche" de CEC les pH médians, ainsi que les 1<sup>ers</sup> et 3<sup>èmes</sup> quartiles (entre lesquels se trouvent 50% des analyses). La relation pH fonction (S/CEC) se dessine alors très clairement.

Le même type d'étude a été réalisé sur la zone Bretagne à partir de 87 000 échantillons (en provenance de la coopérative TRISKALIA). L'approche "nuage de points" met là aussi en avant la dispersion, alors que l'approche à partir des pH médians et des quartiles montre bien la relation pH fonction de S/CEC. Une approche plus fine par PRNA (Petites Régions Naturelles Agricoles) permet d'améliorer la relation pH fonction de S/CEC avec des coefficients de corrélation ( $R^2$ ) de l'ordre de 0,80-0,85.

•  **$pH_{eau} - S/CEC - Al \text{ éch.}$**  : 3 indicateurs de l'acidité pertinents, sachant les limites de chacun.

- Le pH, l'indicateur le mieux référencé, doit nécessairement se raisonner en intégrant la date de prélèvement.

- S/CEC assez bien corrélé avec le  $pH_{eau}$ , moins sujet aux variations saisonnières, nécessite par contre une certaine prudence d'utilisation dans les situations à faible CEC où l'indicateur S/CEC est alors de précision médiocre.

- Al éch. s'avère intéressant dans les sols très acides où il traduit les risques de toxicité aluminique. Dans les sols à forte teneur en matière organique son interprétation est plus délicate.

• **Cas de discordance entre indicateurs de l'acidité, les causes possibles :**

- La remontée plus ou moins importante du pH durant les mois d'hiver peut expliquer la proportion plus importante de discordance entre indicateurs pH et S/CEC pour des prélèvements hivernaux.

- Dans certaines situations, en lien avec l'historique des apports de  $CaCO_3$ , la présence de carbonates résiduels (non dosés par la méthode classique du calcaire total) va entraîner une surestimation de la teneur en CaO échangeable et par là même de S/CEC.

- Dans le cas de CEC faible (sol sableux ou sablo-limoneux), la précision de l'indicateur S/CEC risque d'être médiocre et celui-ci peut être surestimé ou sous-estimé d'où des discordances avec l'indicateur pH.

• **Conclusions : quelles décisions pour un conseil ?**

Dans le raisonnement du chaulage il est donc indispensable de :

- Prendre en compte la date de prélèvement et l'historique des apports d'amendements minéraux calciques basiques.

- En sol sableux ou sablo-limoneux ( $CEC \text{ Metson} < 60 \text{ meq/kg}$  ou  $6 \text{ cmol}^+/kg$ ), se baser sur l'indicateur  $pH_{eau}$ .

- En sol très acide ( $pH_{eau} < 5,5$ ), compléter le diagnostic par le dosage de l'aluminium échangeable.

- En cas de discordance de diagnostic entre deux indicateurs, après contrôle laboratoire et avoir jugé de la cohérence des résultats par rapport aux analyses précédentes, le conseil sera basé sur une politique intermédiaire.

La pratique de l'amendement sera un compromis entre le coût économique (risque d'en apporter trop) et le risque d'inefficacité (risque d'en apporter pas assez).

**Titre : Revue des méthodes d'analyses agronomiques utilisées en Europe**

**Par Nicolas PROIX** - INRA, Laboratoire d'analyses des sols, 273 rue de Cambrai 62000 Arras.

Email : [proix@arras.inra.fr](mailto:proix@arras.inra.fr)

**Résumé :**

Les méthodes d'analyses agronomiques utilisées en vue de conseil de fertilisation sont variées et multiples. Dans cette revue, la situation dans le contexte européen est abordée selon deux axes : le cas des méthodes totales et le cas des méthodes d'extraction partielle. Les principales méthodes en cours en Europe sont ainsi présentées. L'évolution de la normalisation laisse penser que les méthodes totales sont en bonne voie d'harmonisation au niveau Européen. Il n'en est pas de même pour les méthodes d'extraction partielle. On note une inertie importante dans l'évolution de ces méthodes en France, évolution dont l'intérêt serait d'intégrer les progrès technologiques récents en chimie analytique. De plus, la révision des méthodes agronomiques permettrait d'aller vers plus d'harmonisation européenne. Ainsi, certains pays ont déjà étudié l'apport de méthodes permettant d'accéder aux principales données d'intérêt agronomique en une seule extraction. Ces méthodes sont en général des méthodes complexantes ou acido-complexantes. Elles permettent d'accéder dans une même analyse aux données nécessaires aux diagnostics agronomiques concernant les cations Mg, K, les oligoéléments (Cu, Fe, Mn, Z, B), le phosphore, voire les éléments traces. La nécessité de procéder à un nouveau calage agronomique est en général contournée au profit d'un calage « méthode à méthode ». L'apport de nouvelle technologie, comme la Spectrométrie Proche Infrarouge (SPIR) est également un axe d'évolution des méthodes agronomiques en cours dans certains pays. L'avenir semble donc propice à l'utilisation de nouvelles méthodes à visée plus universelle.

**CV de l'auteur :**

Nicolas Proix, Ingénieur de Recherche INRA, est responsable technique du laboratoire d'analyses des sols d'Arras. Après une formation en chimie générale, il s'est spécialisé dans les analyses à caractère environnementale. Il a réalisé une thèse en spectrochimie, portant notamment sur l'étude des contaminants traces métalliques et des méthodes de mesures associées en milieu marin. Entré en 1990 au laboratoire d'analyses des sols d'Arras, il fut d'abord responsable du service d'analyse minérale, (ICP-AES, ICP-MS, HPLC). Il est devenu en 2000, responsable technique du laboratoire.

Il est président du circuit BIPEA analyse de terre depuis 2008 et participe activement aux travaux de normalisation concernant les méthodes « SOLS » au sein de l'ISO TC 190, et du CEN TC 400.

## L'Azote Potentiellement Lessivable (APL) pour prédire le reliquat azoté au printemps en Wallonie

Résumé de l'étude : *Petit, S., F. Hupin et M. Vanclooster, Développement d'un outil de prédiction du reliquat azoté du sol au printemps dans les parcelles agricoles wallonnes sur base de l'APL, août 2012*, pour les 11<sup>èmes</sup> rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse COMIFER-GEMAS, 2013

### Auteur : Sébastien Petit

Diplômé Bio-ingénieur en Environnement, orientation gestion des ressources en eau et sol, de la promotion 2011-2012 de l'UCL, mon mémoire de fin d'étude a porté sur le « *Développement d'un outil de prédiction du reliquat azoté du sol au printemps dans les parcelles agricoles wallonnes sur base de l'APL* ». Étude réalisée sous l'encadrement du Pr. Marnik Vanclooster (UCL-ELI) et de Frédérique Hupin (Nitrawal). Je cherche aujourd'hui l'opportunité de concrétiser ce projet en collaboration avec la Région wallonne, à la demande des acteurs scientifiques et des équipes de terrain, pour une contribution à l'amélioration de la gestion des fertilisations et de la qualité des eaux de surface et souterraines en Wallonie.



### Co-auteurs :

Pr. Marnik Vanclooster

*Université Catholique de Louvain – Earth and Life Institute (UCL - ELI)*

Frédérique Hupin

*Nitrawal*



### • Contexte

En Wallonie comme ailleurs, l'impératif d'une gestion optimale du **cycle de l'azote** au sein de l'activité agricole relève d'**enjeux environnementaux et économiques**. Pour y faire face, la "Directive Nitrate" fut implémentée en Région wallonne en 2002 par le Programme de Gestion Durable de l'Azote (PGDA). Les objectifs établis conduisent les agriculteurs accompagnés des conseillers agri-environnementaux à l'amélioration des pratiques agricoles pour une gestion durable de l'azote. Celle-ci démarre par une réflexion sur l'enchaînement des cultures dans la rotation, l'implantation de cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN) et une **fertilisation raisonnée des cultures**.

En appui, le monde scientifique est amené à développer une **diversité d'approches de modélisations** du cycle de l'azote dans le système sol-plante-atmosphère. A l'opposé des modèles mécanistiques de simulations, construits sur base d'un **grand nombre de paramètres environnementaux** et de fonctions mathématiques complexes déterministes, les gestionnaires et conseillers agri-environnementaux ont besoin de **systèmes d'aide à la décision flexibles et rapides à mettre en place** face à la diversité des situations rencontrées sur le terrain. Cette nécessité nous conduit à développer des **modélisations statistiques et numériques**, basées sur la récolte d'un nombre limité de variables environnementales.

### • Objectifs

En Région wallonne, le PGDA établit un contrôle des agriculteurs quant à la durabilité de leur gestion de l'azote sur base de l'évaluation de l'**Azote Potentiellement Lessivable (APL)**, à savoir la mesure du stock d'azote nitrique présent à l'automne en début de période de lessivage des nitrates, dans l'horizon de sol défini par les 90 premiers centimètres du profil pédologique des parcelles agricoles. De même, dans sa mission de soutien aux agriculteurs pour le respect des normes du PGDA, la structure d'encadrement Nitrawal incite les agriculteurs wallons à **effectuer un conseil de fertilisation sur base de l'évaluation d'un Profil Azoté au Printemps (PAP)**, une mesure identique à l'APL mais

effectuée en fin de période de lessivage. Cette mesure témoigne du stock d'azote minéral du sol qui pourra être comptabilisée dans le bilan azoté de la culture de printemps.

L'étude présentée a pour objectif la **prédiction du PAP sur base de l'APL** combiné à d'autres variables agro-pédoclimatiques susceptibles d'influencer le stock d'azote minéral durant l'interculture.

Une série de questions de recherche se sont alors posées :

- Quel lien existe-t-il entre le stock d'azote minéral en automne et le stock d'azote minéral au printemps ?
- Quels sont les facteurs d'influence prépondérants dans l'évolution du stock d'azote minéral au cours de l'interculture ? Une mise en évidence statistique de ces relations est-elle cohérente avec les connaissances et modèles actuels de la dynamique de l'azote ?
- Serait-il possible d'envisager un outil d'aide à la décision basé sur une analyse statistique des données de terrain pour l'estimation du PAP permettant l'amélioration de la souplesse des outils de conseils de fertilisation par bilan azoté ?

Le développement d'un modèle prévisionnel a pour objectif résultant la simplification de la procédure des conseils de fertilisation, la réduction de leur coût et l'augmentation du nombre de conseils pouvant être octroyés chaque année.

### • Méthodologie

La première étape est la constitution d'une **base de données** rassemblant des **couples de profils azotés** APL-PAP, accompagnés des variables relatives aux pratiques culturales (apports azotés, rotations, couvertures hivernales), aux types de sols (texture, carbone organique total) et aux conditions météorologiques locales pour chaque parcelle d'étude. Une série de variables spécifiques sont également développées pour améliorer nos objectifs de prévision (humidité, conductivité, température, activité microbienne, pente de l'APL).

Sur base du jeu de données, une démarche "bottom-up" est réalisée pour la sélection des variables les plus significatives à partir de **modèles de régressions**. Plus spécifiquement, une série d'analyses de corrélations et de régressions multivariées conduites par des **recherches *stepwises*** permet d'aboutir à un jeu de variables identifié comme le plus apte à expliquer la variabilité du PAP sur les horizons 0-30, 30-60 et 60-90 cm.

Dans un second temps, la méthode numérique des ***réseaux de neurones artificiels*** nous permet d'améliorer nos résultats de prédiction.

### • Résultats et perspectives

Nous obtenons un modèle capturant 76% de la variation du PAP en fonction du suivi des variables suivantes : l'APL, le précédent cultural, la présence ou absence d'une CIPAN, la teneur en sable, le volume des apports azotés organiques efficaces et le volume des précipitations nettes survenues entre les deux dates d'évaluation des profils azotés.

Une analyse de sensibilité confrontée à d'autres études et modèles mis en place dans des conditions agro-pédoclimatiques similaires aux nôtres montre la cohérence de nos résultats. Malgré certaines limites soulignées, nous montrons la possibilité de représentation du système complexe de l'évolution du stock d'azote nitrique durant l'interculture à partir de quelques observations de ses états et de méthodes de modélisations numériques et statistiques. Ainsi, notre étude dégage de nouvelles perspectives pour l'amélioration des outils d'aide à la décision en matière de conseils de fertilisation, à destination des agriculteurs et conseillers agri-environnementaux, pour une économie d'intrants et une conservation des ressources en eau wallonnes. Ce type d'étude serait par ailleurs extensible à tout autre environnement.

# La mesure d'Azote Potentiellement Minéralisable (APM) : un indicateur pour préciser le poste minéralisation du sol

VARVOUX L.<sup>(1)</sup> ; ROCCA C.<sup>(2)</sup> ; AUMOND C.<sup>(2)</sup> ; SERVONNAT E.<sup>(2)</sup> ; DARBIN T.<sup>(2)</sup>

<sup>1</sup>TERRENA, <sup>2</sup>IN VIVO,

## Résumé :

En France, la préconisation azotée auprès des agriculteurs s'appuie sur une méthode agronomique bénéficiant d'une trentaine d'années de recul, qualifiée par le COMIFER et disponible dans les outils de plan de fumure agronomique et réglementaire. Plus concrètement, il s'agit d'établir un bilan comptable des entrées et des sorties d'azote de ce système. Cette méthode, précise, amène cependant une certaine complexité, puisqu'il s'agit de quantifier au mieux la valeur de chacun des termes de l'équation ; terme représentant chacun un compartiment azoté (le reliquat à la sortie d'hiver, la minéralisation de l'humus au printemps, l'azote apporté par les apports organiques (etc) et les besoins de la plante). Or la taille de ces compartiments est hautement dépendante du contexte pédo-climatique, (c'est-à-dire de la combinaison type de sol et climat) influant à la fois sur les stocks d'azote et sur leur transformation en éléments disponibles. Le reliquat à la sortie d'hiver (Ri) et la minéralisation au printemps (Mh) sont les deux postes majeurs des ressources en azote de cette équation puisqu'ils interviennent de façon majoritaire quel que soit le type d'exploitation (céréalière ou élevage).

Si le reliquat peut être mesuré sur le terrain, ce n'est pas le cas de la minéralisation qui reste une donnée particulièrement difficile à évaluer. Ce poste est souvent estimé à partir de valeurs issus d'expérimentations et de ce fait, les normes utilisées ont du mal à prendre en compte toutes les situations possibles. Des méthodes in situ, de type incubation longue durée en condition contrôlée, permettent de caractériser les cinétiques de minéralisation des sols mais leur utilisation en routine, n'est pas envisageable.

C'est ainsi que dans les années 1990, le Groupe InVivo et les laboratoires Gammsol se sont attachés à mettre au point un indicateur permettant de caractériser la vitesse potentielle de minéralisation du sol grâce à une méthode de mesure rapide sur échantillon de sol via un extractant spécifique : l'APM (Azote Potentiellement Minéralisable). Pour ce faire, 36 échantillons de sol, explorant une large gamme de sol et de systèmes de culture, ont fait l'objet d'une mesure d'APM. Les données de ces mesures ont été mises en corrélation avec des vitesses de minéralisation issues d'une incubation longue durée. Les bons résultats de cette première démarche nous ont encouragés à pousser l'expérience aux champs afin de déterminer si des corrélations existaient avec les fournitures du sol mesurées en expérimentation, à savoir le rendement du témoin sans azote et la dose optimale (la plus petite dose d'azote nécessaire pour produire le meilleur rendement technico-économique). Il est ainsi apparu que l'APM ressortait comme la variable la plus explicative des corrélations avec la fourniture en azote du sol estimée à partir de ces témoins zéro-azote ou de la dose d'azote. De plus, l'APM semble être un bon indicateur intégratif des pratiques influant la minéralisation du sol que sont l'historique des apports organiques et anciennes prairies.

Fort de ces résultats encourageants, il apparaissait pertinent d'utiliser l'APM dans l'outil de plan de fumure Epiclès pour l'évaluation de la minéralisation de l'humus du sol, en déterminant ainsi une vitesse de minéralisation dans l'équation du COMIFER ( $Mh = [TNorg \times Km] \times JN$ ) avec  $TNorg \times Km = Vp$

= vitesse potentielle de minéralisation. Pour cela, la stabilité de la mesure d'APM dans le temps a été étudiée, et les résultats montrent que cette mesure, à réaliser en hiver ou en été, est stable pendant 4 à 5 ans si les pratiques restent inchangées.

Aujourd'hui l'APM est donc utilisé pour qualifier la minéralisation de l'humus dans le sol et ce à deux périodes clé. La première, précédemment citée, concerne la minéralisation au printemps (Mh). La seconde est la minéralisation de l'humus à l'automne (impliquant des nombres de jours de minéralisations adaptés) qui permet, dans Epicles, de calculer un reliquat sortie hiver estimé (Ri). Ce reliquat est ainsi calculé à partir de l'estimation d'un reliquat entrée drainage, affecté d'un lessivage hivernal quantifié par le modèle de Burns ( $RSH = \text{Reliquat entrée drainage} \times (1 - \% \text{ de lessivage}^*)$ ). Chaque parcelle renseignée dans l'outil Epicles bénéficie donc d'un reliquat sortie hiver et ce, quelle que soit la situation (sol superficiel ou caillouteux).

L'APM constitue ainsi, aujourd'hui, une pierre angulaire de l'outil de plan de fumure Epicles dans sa capacité à affiner la minéralisation de l'humus quelle que soit la période considérée. En effet, lors de la mise en œuvre de l'outil, chaque coopérative établit son référentiel d'APM sur les situations pédologiques de sa région. Chaque agriculteur peut également décider de réaliser une mesure spécifique sur sa parcelle, bénéficiant ainsi du caractère intégratif de la minéralisation de cette mesure, et affinant par là même son conseil.

L'APM devient alors le vecteur d'une meilleure connaissance et qualification des sols sur le terrain.

Afin de s'assurer de la pertinence de ce conseil, l'outil Epicles fait l'objet, chaque année, d'une démarche de validation sur le réseau d'expérimentation des coopératives du Pool Fertil (InVivo Agrosolutions). Il est en effet possible de mesurer l'intérêt de l'APM à deux niveaux :

- Par évaluation directe : En observant si l'intégration d'une mesure d'APM de la parcelle permet d'améliorer la pertinence de la dose calculée sur les courbes de réponse à l'azote.
- Par évaluation indirecte : en comparant les reliquats estimés par l'outil (reflet, entre autre de la minéralisation automnale) et les mesures sur le terrain.

Aujourd'hui l'évolution du cadre réglementaire, qui implique notamment une harmonisation et une clarification des approches en fertilisation azotée, justifie la présentation des éléments techniques ayant amené, il y a 20 ans, à la mise en place d'un indicateur sur la minéralisation du sol. Il nous semble donc important de mieux faire connaître, voir reconnaître, L'APM, pour son caractère opérationnel et pédagogique (puisqu'il constitue un index de minéralisation des sols) consolidé par un recul important et le déploiement d'un outil sur environ 3 millions d'hectares et 33 coopératives au niveau national.

Les orateurs : **VARVOUX Laurent, Responsable Sol et Fertilisation**  
**Service Agronomie, TERRENA**

Membre du GREN région Poitou-Charente  
Membre du GREN région Pays de la Loire



**ROCCA Carole, Responsable Agronomie et Fertilisation**  
**InVivoAgroSolutions, INVIVO**

Membre du groupe azote du COMIFER  
Membre du RMT fertilisation environnement



## De GenoSol à GenoBiome, mise en place d'une structure analytique pour évaluer l'état biologique du sol

Lionel RANJARD, Samuel Dequiedt, Pierre Alain Maron, Anne Laure Blieux.  
UMR Agroécologie-plateforme GenoSol, centre INRA Dijon

Le sol représente avant tout pour l'homme un support de construction et de production agricole. Sa surexploitation depuis le développement de l'agriculture intensive et de l'industrialisation a mené à une érosion significative de sa biodiversité et par la même des fonctions et services remplis par cette biodiversité. Dans ce contexte, il devient donc urgent de fournir aux utilisateurs des sols les moyens d'évaluer l'état biologique de leur support de production et l'impact des pratiques associées (agricoles, industriels). Parmi les organismes indigènes des sols, les communautés microbiennes (bactéries et champignons) sont les plus importantes en densité ( $10^6$ - $10^9$  individus/g de sol), en diversité ( $10^3$  à  $10^6$  espèces/g de sols) et aussi quant à leur implication dans le fonctionnement biologique des sols. Par conséquent, l'état biologique d'un sol sera fortement dépendant du niveau d'abondance et de diversité des communautés microbiennes indigènes. Les communautés microbiennes du sol sont difficiles à caractériser. Ceci s'explique par une accessibilité plus ou moins importante des populations au sein d'une matrice hétérogène et structurée mais aussi par leur densité et diversité très importante qui rend difficile à résoudre l'information obtenue. Toutefois, grâce aux avancées méthodologiques qui ont eu lieu depuis une quinzaine d'années, les études d'écologie microbienne bénéficient maintenant d'une automatisation des outils moléculaires (extraction d'ADN, caractérisation du polymorphisme de l'ADN, séquençage haut débit, métagénomique, métaprotéomique...) permettant la caractérisation des ressources génétiques microbiennes (diversité taxonomique, potentiel génétique et fonctionnel) des sols en moyen débit.

Dans ce contexte, l'UMR Agroécologie de l'INRA de Dijon a créé en 2008 la plateforme « GenoSol » ([http://www.dijon.inra.fr/plateforme\\_genosol](http://www.dijon.inra.fr/plateforme_genosol)), dont l'objectif est de fournir une structure logistique et technique assurant l'acquisition, la conservation, la caractérisation et la mise à disposition des ADN métagénomiques de sols issus d'échantillonnages de grande envergure (plusieurs centaines à plusieurs milliers de sols correspondant à de grandes échelles spatiales et/ou temporelles) (Ranjard et al., 2009). Ces analyses doivent permettre i) de combler le déficit d'approches globales et sans *a priori* qui permettront d'évaluer la contribution des facteurs environnementaux dans l'évolution des sols à long terme, ii) une meilleure connaissance, gestion et valorisation de la biodiversité et iii) une meilleure « finalisation » des résultats obtenus par la traduction de ces ressources génétiques en services écosystémiques dans le souci d'un usage durable des sols.

La plateforme GenoSol s'articule autour de trois activités principales:

- un **Centre de Ressources Métagénomique Microbienne** national sur les sols qui a pour but de stocker et conserver les ressources génétiques (sols et ADN) et de les mettre à disposition de la communauté scientifique.
- une **plateforme technique** permettant le développement et la veille technologique sur les méthodes d'extraction des acides nucléiques des sols et les outils de caractérisation des ressources génétiques microbiennes (génotypage, pyroséquençage, métagénome, métaprotéome, mesure d'activité...).
- un **Système d'Information Environnementale** (SIE) centré sur le développement de la base de données «-« MicroSol-database© »- qui permet d'une part de gérer le conservatoire et la traçabilité de ses échantillons et, d'autre part de stocker et d'analyser les données de caractérisation métagénomique des sols (taxonomique, fonctionnelle).

Depuis plus de deux ans la plateforme GenoSol fait face à une demande grandissante provenant i) soit d'industriels de l'agrofourniture ou de l'environnement intéressés par des évaluations environnementales des produits qu'ils commercialisent ou des pratiques qu'ils appliquent, ii) soit par des utilisateurs des sols ou exploitants agricoles pour de petites prestations en termes d'analyses biologiques destinées à évaluer la qualité biologique de leurs sols. Ces demandes spontanées de la part du monde industriel et agricole mettent en évidence l'existence d'un marché pour les indicateurs développés au sein de la plateforme. Toutefois, la réalisation de prestations pour le monde industriel ou agricole n'entre pas dans les attributions de la plateforme, ce qui limite très fortement ses capacités à répondre à cette demande.

C'est dans ce contexte que se développe "GenoBiome", une « business unit » adossée à la plateforme GenoSol et dont la principale mission sera de gérer ces partenariats avec les industriels de l'agrofourniture et de l'agroenvironnement mais aussi de répondre à la demande de petites prestations par les exploitants agricoles et autres utilisateurs de sols. Pour cela, l'activité de GenoBiome s'appuiera sur un véritable tableau de bord analytique de la biologie des sols qui constituera une référence pour l'évaluation de la qualité biologique des sols sur la base des bioindicateurs (densité/diversité/activité des communautés microbiennes) développés par la plateforme GenoSol. GenoBiome représente donc une prolongation finalisée des activités techniques, scientifiques et logistiques de la plateforme GenoSol. A ce titre, elle bénéficie dans sa phase d'émergence d'un appui technique et d'un transfert technologique afin d'exploiter les derniers développements de la recherche en biologie du sol et de les mettre à la disposition des utilisateurs des sols. L'originalité de GenoBiome

repose sur le fait que peu de laboratoires proposent des analyses biologiques des sols à l'échelle nationale et européenne. Par ailleurs, les structures existantes utilisent des techniques anciennes peu standardisées et surtout ne possèdent pas de référentiels d'interprétation aussi riches que ceux de la plateforme GenoSol, ce qui limite leur champ d'exploitation. En retour, la plateforme GenoSol bénéficiera d'un jeu de données très important pour alimenter sa base de données sur les sols et ainsi améliorer son référentiel d'interprétation (à l'image de la BDAT à l'INRA d'Orléans, unité INFOSOL).

### Mini CV Lionel RANJARD

Diplôme d'un doctorat en écologie microbienne du sol de l'Université de Lyon I en 1999, L Ranjard a intégré l'INRA de Dijon en 2001 après un post doctorat de deux ans en génétique microbienne. Au sein de l'UMR Agroécologie, sa thématique de recherche est de mieux définir et comprendre la dynamique et l'assemblage des communautés microbiennes telluriques en fonction des perturbations et filtres environnementaux. Pour répondre à cet objectif, il a participé au développement de nombreux outils d'écologie moléculaire et mathématiques permettant la caractérisation de la densité et de la diversité des communautés indigènes. Après avoir étudié les variations des communautés microbiennes en réponse à des apports de composés exogènes (ETM, matière organique) sur de nombreux sites expérimentaux de l'INRA ainsi que sur des expérimentations en conditions contrôlées, il a mis en place une stratégie d'étude des communautés microbiennes à grande échelle sur les sols du RMQS (réseau de mesure de la qualité des sols, projet ECOMIC-RMQS). Une telle approche lui a permis d'intégrer les grandes échelles spatiales en écologie des communautés et ainsi d'aborder les concepts de biogéographie mais aussi, d'augmenter significativement la généralité des résultats obtenus à propos de l'assemblage des communautés microbiennes telluriques.

En parallèle, il s'est fortement investi dans la création de la plateforme GenoSol qui a permis d'améliorer significativement les capacités logistiques et techniques de l'INRA pour répondre aux enjeux et challenges de projets de grande envergure dont le projet ECOMIC-RMQS (ANR), EcoFinders (EU FP7) ou MetaTAXOMIC-RMQS (France génomique). En 2012, la plateforme GenoSol a été partenaire du projet ANAEE-S qui a été lauréat des investissements d'avenir (« Infrastructure en biologie et santé »). Au sein de ce projet, la plateforme est reconnue comme un outil stratégique pour la conservation et la caractérisation de la biologie des écosystèmes terrestres au sein d'un réseau national de sites expérimentaux de l'INRA et du CNRS et de différentes universités.

Ces perspectives de recherche fondamentale sont l'étude de la distribution spatiale de la diversité microbienne à différentes échelles spatiales ( $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  diversité) afin d'identifier quels filtres environnementaux structurent la diversité aux différentes échelles. Cette perspective passe par l'acquisition des techniques de séquençage massif et de bioinformatique (grâce à la plateforme GenoSol) qui donnent l'opportunité de pouvoir faire des inventaires exhaustifs et robustes de la diversité microbienne des sols sur des échantillonnages de grandes envergures (paysage, région et RMQS). En parallèle, des collaborations étroites au sein et au delà de son équipe de recherche lui permettent de traduire les modifications taxonomiques des communautés microbiennes en termes de fonctionnement biologique du sol et même de commencer à aborder la notion de services écosystémiques que peuvent rendre ces communautés.

D'autre part, des perspectives de recherche plus finalisées avec le développement de bioindicateurs microbiens de l'état biologique des sols pour une meilleure évaluation environnementale des pratiques agricoles (projet Bioindicateurs ADEME) sont aussi envisagées. Sa recherche fondamentale alimente directement cette recherche plus opérationnelle *via* la mise en place de référentiel sur la biodiversité microbienne des sols et des modèles prédictifs de cette biodiversité en fonction des types et des modes d'usage de sols. L'objectif de ces travaux serait de mettre en place un tableau de bord analytique opérationnelle sur la microbiologie des sols afin d'équiper les utilisateurs et gestionnaires des sols pour qu'ils puissent évaluer l'état biologique de leur sol en fonction de leur usage (projet CASDAR AgrInnov, développement de la structure GenoBiome).

# PERSPECTIVES

## 4<sup>ème</sup> session

Présidée par sylvie RECOUS,  
INRA

RMT Fertilisation et Environnement

La nutrition des plantes et la fertilité des sols sont des thèmes vastes qui ouvrent encore beaucoup de questions.

Les voies de recherche rapprochent l'agronomie de la biologie, des sciences de l'environnement ou encore des questions sociales. ●

### Méthode du calcul prévisionnel de la fertilisation azotée, action du RMT et du COMIFER

Bernard VERBEQUE - Chambre d'Agriculture du Loiret

Adhérent au COMIFER, partenaire dans le RMT Fertilisation et Environnement et membre du groupe d'expertise nitrate (GREN) de la région Centre.

Présentation des référentiels et progrès de la méthode du bilan prévisionnel de l'azote. ●

### Projet ESCAPADE : Scénarios sur la Cascade de l'Azote dans les territoires

Jean-Louis DROUET - INRA Grignon

L'objectif général du projet ESCAPADE est d'analyser l'effet des activités agricoles et de la mosaïque paysagère sur la cascade de l'azote dans les territoires, avec une approche associant la production de scénarios, d'outils de modélisation et d'observations des flux des différentes formes d'azote réactif en se focalisant surtout sur des paysages et aussi sur des territoires plus vastes. ●

### Potassium et Magnésium pour une meilleure tolérance au stress hydrique

Olivier GOUJARD - K+S KALI France

Présentation de résultats de plusieurs essais "longue durée" dans des conditions pédologiques différentes, qui permettent d'affirmer que la fertilisation potassique et magnésienne améliore la consommation en eau par les plantes d'un côté en augmentant la réserve utile du sol et de l'autre en accroissant son efficacité dans la plante. ●

### Projet de nouvelle réglementation européenne élargie à l'ensemble des matières fertilisantes

Florence CATRYCKE - UNIFA

Présentation des évolutions réglementaires et normatives en cours, relatives aux engrais et amendements minéraux basiques : Évolution du règlement (CE) n°2003/2003 avec l'intégration des amendements minéraux basiques dans la 7<sup>ème</sup> Adaptation au Progrès Technique (APT) ; Harmonisation européenne des règles de mise sur le marché des matières fertilisantes et supports de culture. ●

### Transfert sol-plante de cadmium, évaluation des risques

Laurence DENAIX - INRA Bordeaux

La connaissance des mécanismes gouvernant la bio-disponibilité du cadmium du sol, son absorption racinaire puis sa répartition à l'intérieur de la plante, permet d'évaluer quantitativement le risque d'un enrichissement excessif des produits récoltés en cet élément indésirable. La réglementation sanitaire internationale nous conduira-t-elle à devoir revoir nos pratiques de fertilisation ? ●

### L'analyse de Cycle de Vie (ACV), développement méthodologique pour le poste fertilisation

Aurélie TAILLEUR - ARVALIS Institut du végétal

Présentation de l'action débutée en octobre 2011 sur une durée de 14 mois, qui a permis de mettre en oeuvre la méthode d'Analyse du Cycle de Vie à différentes échelles, de manière à identifier les problématiques méthodologiques liées à la prise en compte de la fertilisation des cultures. Dans ses finalités, l'action propose des pistes d'amélioration d'un point de vue recherche et opérationnel. ●



# PERSPECTIVES

4<sup>ème</sup> session

## Résumés



Bernard Verbeque  
 Ingénieur agro pédologue  
 Responsable de l'équipe Agronomie,  
 Pédologie, Environnement,  
 Laboratoire de la Chambre d'Agriculture du Loiret.  
 Membre du GREN région Centre  
 Membre du bureau du GEMAS  
 Membre du Groupe Azote – Soufre du COMIFER  
 Membre du RMT Fertilisation et Environnement



### **Méthode de calcul prévisionnel de la fertilisation azotée. Actions du COMIFER et du RMT Fertilisation et Environnement.**

Pour répondre au contentieux avec la commission européenne sur la mise en place de la Directive Nitrates, la stratégie de la France a été d'étendre les Zones Vulnérables et de renforcer l'encadrement de la mise en place de cette Directive sur le territoire.

L'extension des Zones Vulnérables a été arrêtée pendant l'automne-hiver 2012. Le renforcement de l'encadrement des programmes d'action dans les Zones Vulnérables a été défini dans « *l'arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'action national à mettre en œuvre dans les Zones Vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole* ».

Ces actions concernent :

- Les capacités de stockage des effluents d'élevage,
- le stockage de certains effluents au champ,
- les périodes d'interdiction d'épandage des fertilisants azotés,
- la limitation de l'épandage des fertilisants afin de garantir l'équilibre de la fertilisation azotée,
- les modalités d'établissement du plan de fumure et du cahier d'enregistrement des pratiques,
- les modalités de calcul de la quantité maximale d'azote contenu dans les effluents d'élevage pouvant être épandue annuellement par chaque exploitation
- et les conditions d'épandage par rapport aux cours d'eau.

Dans ce texte, il est noté que le calcul de la dose prévisionnelle de fertilisation azotée s'appuie sur la méthode du bilan d'azote prévisionnel détaillé dans la publication la plus récente du COMIFER.

Les programmes d'action ne seront plus départementaux mais régionaux.

Il est institué dans chaque région un GREN (Groupe Régional d'Expertise Nitrate) définissant le référentiel régional nécessaire à la mise en œuvre de la méthode COMIFER citée dans l'arrêté national.

C'est donc dans ce cadre que se situent les actions du COMIFER et du RMT Fertilisation et environnement en appui aux GREN Régionaux.

La première action fut d'organiser avec les Ministères de l'Agriculture et de l'Environnement une journée technique de « lancement des GREN le 15 mars 2012 où des représentants de tous les GREN étaient présents. Le cadre réglementaire a été présenté ainsi que les différentes déclinaisons de la méthode des bilans.

Afin de répondre aux interrogations des régions et de compléter le guide méthodologique pour le calcul de la fertilisation, un poste fut créé au COMIFER, financé par le ministère de l'agriculture et encadré par des membres du Groupe Azote soufre du COMIFER et du RMT Fertilisation et Environnement (INRA, LDAR, ARVALIS, YARA, InVivo, APCA, Chambre d'Agriculture du Loiret, Eurochem-Agro). Prune ROSENGARTEN et Marion BOUVIALA ont successivement occupé ce poste.

Les actions menées ont été de :

- ouvrir une rubrique Bilan Azote sur le site internet du COMIFER,
- rédiger avec l'aide des Instituts Techniques les fiches cultures
- compléter les références nationales sur certains postes du bilan et créer un outil de calcul en ligne pour la minéralisation du sol Mh,
- actualiser les coefficients d'équivalence azote des produits organiques et augmenter le nombre de produits référencés,
- prendre en compte le risque de volatilisation des engrais azotés dans l'ajustement des apports,
- actualiser la table des exportations en azote des productions végétales,
- préciser le calcul de la fertilisation azotée des prairies,

Tous ces travaux ont été conduits par un comité de pilotage rapportant à la fois au COMIFER et au RMT Fertilisation et Environnement qui ont constitué un groupe commun depuis 2011. Les travaux en cours portent sur la rédaction du guide méthodologique de validation des outils de conseil de fertilisation azotée et sur la régionalisation des coefficients d'équivalence azote des produits organiques.

## Le projet ESCAPADE pour contribuer à une meilleure gestion de l'azote dans les territoires

Jean-Louis DROUET<sup>(1)</sup>, François LAURENT<sup>(2)</sup>, Patrick DURAND<sup>(3)</sup>, Gilles BILLEN<sup>(4)</sup>, Pierre CELLIER<sup>(1)</sup>, Olivier MAURY<sup>(1)</sup>, Stéphanie POTOK<sup>(5)</sup>, Philippe FAVERDIN<sup>(6)</sup>, Christophe FLECHARD<sup>(3)</sup>, Josette GARNIER<sup>(4)</sup>, Armelle GUY<sup>(7)</sup>, Catherine HÉNAULT<sup>(8)</sup>, Catherine MIGNOLET<sup>(9)</sup>, Hervé MONOD<sup>(10)</sup>, Anne PROBST<sup>(11)</sup>, Stéphane SORIN<sup>(12)</sup>, Gaëlle TALLEC<sup>(13)</sup>, Matthias BEEKMANN<sup>(14)</sup>, Eric CESCHIA<sup>(15)</sup>, Cécile LE GALL<sup>(16)</sup>, Thierry MOREL<sup>(17)</sup>, Gauthier QUESNEL<sup>(18)</sup>, Eric RAMAT<sup>(19)</sup>, Berndt ZELLER<sup>(20)</sup>

<sup>(1)</sup>INRA EGC, <sup>(2)</sup>ARVALIS-Institut du Végétal, <sup>(3)</sup>INRA SAS, <sup>(4)</sup>CNRS SISYPHE, <sup>(5)</sup>INRA-Transfert, <sup>(6)</sup>INRA PEGASE, <sup>(7)</sup>TRISKALIA, <sup>(8)</sup>INRA SOLS, <sup>(9)</sup>INRA ASTER, <sup>(10)</sup>INRA MIAJ, <sup>(11)</sup>CNRS ECOLAB, <sup>(12)</sup>TERRENA, <sup>(13)</sup>IRSTEA, <sup>(14)</sup>CNRS LISA, <sup>(15)</sup>CESBIO, <sup>(16)</sup>CETIOM, <sup>(17)</sup>CERFACS, <sup>(18)</sup>INRA MIAT, <sup>(19)</sup>LISIC, <sup>(20)</sup>INRA BEF

### Contexte

Le modèle de production agricole subit actuellement un changement majeur visant à réduire les impacts des activités agricoles sur l'environnement (émissions de gaz à effet de serre, acidification, eutrophisation, perte de biodiversité...) tout en maintenant la productivité des agro-écosystèmes. Cette évolution ne se fera pas sans innovations techniques et organisationnelles originales, complémentaires des actions déjà menées aux échelles de la parcelle et de l'exploitation (e.g. raisonnement de la fertilisation, des successions culturales). De nouveaux leviers sont à rechercher à des échelles supra-parcellaires, en particulier celles du paysage, défini ici comme un espace de 5 à 30 km<sup>2</sup>, et de territoires plus vastes correspondant par exemple à des bassins de production ou à des filières.

En effet, dans le cas de l'azote en particulier, le paysage se caractérise par une mosaïque hétérogène de sources (bâtiments d'élevage, zones de stockage des effluents, champs cultivés, prairies pâturées...) et de puits (prairies naturelles, forêts, zones humides, aires protégées...) en interaction spatiale et temporelle. L'intensité des sources varie notamment en fonction des activités agricoles (e.g. modalités de gestion des exploitations par les agriculteurs) qui peuvent entraîner, par une cascade de processus, des apports indirects et non négligeables d'azote par voies atmosphérique et hydrologique dans des zones naturelles situées en aval et parfois relativement éloignées des zones d'apport.

Les approches classiques pour l'estimation des émissions d'azote dans l'environnement, utilisant le concept des facteurs d'émission, indiquent que ces apports indirects ne sont pas négligeables. Toutefois, elles ne permettent pas d'évaluer la contribution relative des processus impliqués, ni par conséquent de mettre en évidence des leviers qui permettraient une meilleure maîtrise des flux et des pertes d'azote dans les agro-écosystèmes. L'échelle du paysage est ainsi particulièrement pertinente pour comprendre et quantifier les interactions spatiales et temporelles influant sur les flux et les pertes d'azote dans l'environnement. Une meilleure connaissance de ces interactions aidera à identifier de nouveaux leviers et marges de manœuvre dans la gestion des intrants azotés et des mosaïques paysagères, et ainsi à réduire les impacts de l'azote dans les territoires.

### Objectifs

L'objectif général du projet interdisciplinaire ESCAPADE (ANR Agrobiosphère, 2013-2017, <http://www.n-escapade.fr>) est d'analyser l'effet des activités agricoles et de la mosaïque paysagère sur la cascade de l'azote dans les territoires, avec une approche associant la production de scénarios, d'outils de modélisation et d'observations des flux des différentes formes d'azote réactif (ammoniac NH<sub>3</sub>, nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, oxydes d'azote NO<sub>x</sub>, protoxyde d'azote N<sub>2</sub>O...), en se focalisant surtout sur des paysages (quelques km<sup>2</sup>) et aussi sur des territoires plus vastes.

Le projet vise d'abord à co-construire puis à évaluer des scénarios consistant à modifier (i) les pratiques agricoles à l'échelle locale (gestion par l'agriculteur de l'azote apporté aux parcelles cultivées et de l'alimentation des animaux), (ii) les modalités de gestion de l'azote au sein des exploitations agricoles (successions culturales, gestion des troupeaux et des effluents) et (iii) les structures des mosaïques paysagères (agencement des parcelles, allocation des terres, mise en place de haies, de fossés, de bandes enherbées). Les scénarios produits seront alors évalués à partir de modèles développés à différentes échelles spatiales, en se focalisant surtout sur des modèles intégrant les processus de la cascade de l'azote dans des paysages.

Dans ce but, le projet vise aussi à produire des connaissances sur les processus de la cascade de l'azote et des outils de modélisation fiables pour quantifier les différentes étapes de la cascade de l'azote, les flux et les pertes d'azote dans les différents compartiments du paysage (terrestre, atmosphérique, aquatique), prenant en compte la gestion de l'azote par l'agriculteur. Cette approche de modélisation intégrée et interdisciplinaire associe plusieurs composantes du territoire jamais encore réellement couplées simultanément : physique des transferts (par voies atmosphérique et hydrologique), agro-écologique (allocation des terres, aménagement du paysage), biogéochimique et anthropique (pratiques agricoles et gestion des exploitations). La modélisation est associée à l'observation des flux des différentes formes d'azote à partir (i) d'expérimentations menées sur des sites se caractérisant par des contextes agro-pédo-climatiques différents et (ii) de la collecte de données sur les pratiques agricoles auprès des agriculteurs, des coopératives, des instituts techniques et des acteurs locaux.

Enfin, le projet vise à proposer des solutions innovantes d'atténuation des pertes d'azote dans l'environnement et/ou d'adaptation des systèmes de production, sans compromettre leurs capacités de production. Les modèles produits sur la cascade de l'azote dans les territoires seront des outils de recherche qui ne pourront pas être transférés directement aux acteurs locaux (coopératives, chambres d'agriculture...) et du développement agricole (instituts techniques...). En revanche, il s'agira d'analyser, en partenariat entre ces deux types d'acteurs d'origines et de préoccupations diverses, les résultats obtenus au regard des scénarios qui auront été co-construits. Cette analyse partenariale entre acteurs complémentaires permettra de prendre en compte simultanément non seulement les contraintes liées aux outils de recherche développés et mis en oeuvre, mais aussi les réglementations générales (PAC, politiques sur la qualité de l'air, des sols, les charges critiques en azote des eaux, directive habitats...), l'expertise et les logiques des acteurs locaux afin que ces derniers se les approprient pour en déduire des pistes de réflexion en termes d'adaptation des systèmes de production ou d'aménagement des territoires.

## Curriculum Vitae de Jean-Louis Drouet

Thème des recherches actuelles : Cascade de l'azote dans les paysages



Ingénieur Agronome de l'ENSA Rennes (1992), Chargé de Recherche à l'INRA dans l'UMR INRA-AgroParisTech « Environnement et Grandes Cultures » à Thiverval-Grignon (78).

1992-1994 : Apports des outils de télédétection à la gestion des ressources à l'échelle régionale (quantification de la ressource en bois en région landaise, estimation des pluies en région sahélienne).

1994-2007 : Mesure et modélisation de l'architecture et du fonctionnement des plantes (croissance, acquisition et répartition des ressources carbonées et azotées).

Depuis 2005 : Modélisation (et aussi mesure) des transferts et transformations de l'azote dans les paysages. Membre de groupes de travail du département INRA Environnement et Agronomie sur la modélisation des flux biogéochimiques dans les paysages. Participant à des projets européens sur la cascade de l'azote dans les paysages (FP6-NitroEurope, FP7-Eclair), dont responsabilité d'un WP et de la base de données « paysage » du projet NitroEurope. Coordinateur du projet ANR ESCAPADE.

# Potassium et Magnésium pour une meilleure tolérance au stress hydrique

*Olivier Goujard, K+S KALI France*

## Résumé:

Le changement climatique que nous subissons s'illustre notamment par des périodes de sécheresse de plus en plus fréquentes comme celle du printemps 2011 en France ou encore de l'été 2012 aux Etats-Unis. Les conséquences sur les rendements des cultures peuvent être dramatiques.

Afin de mieux résister au stress hydrique, les plantes doivent utiliser et de façon efficiente le peu d'eau disponible. L'efficacité hydrique de la culture peut être mesurée en calculant la matière sèche produite par unité d'eau apportée (en g MS.l<sup>-1</sup>). Généralement, une plante suffisamment pourvue en éléments nutritifs aura une meilleure efficacité hydrique qu'une plante souffrant de carence minérale. Parmi tous les éléments nutritifs, Potassium (K) et Magnésium (Mg) ont une influence particulière sur le statut hydrique des végétaux.

Au sein de la plante, K et Mg ont des fonctions importantes, identiques ou distinctes vis-à-vis du statut hydrique, notamment en régulant (i) l'ouverture et la fermeture des stomates, (ii) l'ajustement osmotique de la plante (turgescence), (iii) et la croissance racinaire. Ces fonctions de K et Mg sont connues même si les mécanismes exacts auxquels ils prennent part ne sont pas encore tout à fait compris.

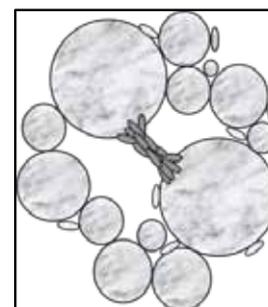
Depuis 2009, K+S KALI GmbH a noué plusieurs partenariats avec des équipes de recherche travaillant sur la nutrition des plantes et le fonctionnement du sol.

L'université de Giessen (Fritz et al.) a tout d'abord revalidé des résultats connus sur le lien entre Potassium et transpiration des plantes : une alimentation potassique non limitante permet de limiter la transpiration et donc les pertes en eau par le feuillage.

Les travaux de l'université de Sabanci (Turquie), sous la direction du Prof. Cakmak, se sont concentrés sur le rôle du Magnésium dans le transport des photosynthétats, mettant en avant les conséquences d'une carence en Mg non seulement sur la partie aérienne mais aussi sur le développement racinaire des plantes.

L'université de Kiel (Holthusen et al.) spécialisée dans les mécaniques du sol a mis en évidence le rôle du Potassium sur la porosité du sol : il permettrait ainsi la constitution de ponts de minéraux d'argile entre les agrégats du sol créant une porosité moyenne. Cet effet sur la structure du sol a un double avantage : il permet une meilleure résistance physique à la compaction et permet de mieux retenir l'eau, augmentant donc la réserve utile du sol.

Afin de vérifier sur le terrain ces résultats, une équipe de l'Université de Halle-



D'après Feeser et al. 2001

Wittenberg (Damm et al.) ont procédé à plusieurs mesures sur une quinzaine d'essais « longue durée » ayant des conditions pédologiques différentes (sols sableux, limoneux et argileux). Sur chaque site, des mesures ont été effectuées sur les parcelles avec impasse et sur celles ayant reçu une fertilisation potassique renforcée : teneur en K du sol, réserve utile, capacité au champ, point de flétrissement permanent et teneur en eau. Les différents paramètres du sol mesurés ont montré une forte réponse à la fertilisation potassique et notamment sur la réserve utile. Cette corrélation restant plus marquée dans les sols sableux et se réduit avec une teneur en argile croissante.

L'analyse d'un essai situé à Bernburg a de même permis de mettre en évidence une meilleure utilisation de l'eau pour une culture de betterave sucrière (grâce à une exploration racinaire plus importante et une moindre évapotranspiration) pour une parcelle fertilisée avec K et Mg comparé à un témoin non fertilisé.

**L'ensemble des résultats décrits précédemment permet d'affirmer que la fertilisation potassique et magnésienne améliore l'efficacité d'utilisation de l'eau par les plantes et réduit le risque de chute de rendement de la culture face à un stress hydrique.**

Des travaux complémentaires seront cependant nécessaires afin de mieux comprendre les mécanismes en jeu, et plus particulièrement au niveau du sol.

L'auteur :

---

### **Olivier Goujard**

K+S KALI France - 5, rue Gaston Boyer - 51100 Reims

Tel. 03 26 87 30 32

Email: Olivier.goujard@kalifrance.com

Ingénieur en Agriculture ESITPA, 1995

Responsable Agronomique chez K+S KALI France depuis 2005

Depuis 2011, rattaché au service Agronomique de K+S KALI GmbH en Allemagne (Kassel) et en charge de la coordination Agro-marketing pour la France, L'Espagne, le Portugal et l'Afrique (hors Afrique du Sud).

Animateur du groupe Soufre du COMIFER depuis 2005.



**PROJET DE NOUVELLE REGLEMENTATION EUROPEENNE ELARGIE A L'ENSEMBLE DES MATIERES FERTILISANTES ET DES SUPPORTS DE CULTURE**

Aujourd'hui, la majorité des matières fertilisantes et des supports de culture sont mis sur le marché selon des règles nationales. Seuls les principaux engrais minéraux sont harmonisés au niveau européen selon le Règlement (CE) n° 2003/2003 du 13 octobre 2003 et ses adaptations aux progrès techniques.

Les règles nationales étant différentes, la circulation des matières fertilisantes et des supports de culture en Europe est difficile. La publication du Règlement (CE) n° 764/2008 sur la reconnaissance mutuelle des produits non harmonisés a ajouté à la complexité du dispositif réglementaire. En effet, appliqué de façon disparate selon les Etats Membres, les producteurs et vendeurs de fertilisants ont du mal à se retrouver dans ce labyrinthe de réglementations.

Répondant aux conclusions du séminaire international sur la réglementation de la mise sur le marché des matières fertilisantes et des supports de culture, organisé en septembre 2009, à Paris, à l'initiative des Ministères chargés de l'agriculture et des finances conjointement avec l'ANPEA<sup>1</sup>) et RITTMO Agroenvironnement<sup>2</sup>, la Commission Européenne a lancé les travaux d'une harmonisation élargie dès 2010.

Les objectifs de la nouvelle réglementation pour la Commission Européenne sont de :

- Harmoniser les règles de mise en marché et de contrôle afin de faire disparaître les règles nationales et de rendre la reconnaissance mutuelle des produits obsolète.
- Améliorer la sécurité des produits (environnement et santé publique)
- Simplifier les règles d'accès au marché et de contrôle
- Informer correctement les utilisateurs

En 2011, une étude sur les options permettant d'harmoniser totalement la réglementation UE des matières fertilisantes est réalisée. En 2012, La Commission Européenne a organisé 4 groupes de travail afin de pouvoir s'appuyer sur leurs travaux pour élaborer une proposition.

De ces travaux, il ressort que:

- le périmètre du futur règlement pourrait être : Engrais (minéral/inorganique, organique et organo-minéral) - Amendements des sols (Amendements organiques – composts, digestats - et autres types d'amendements)-Amendements minéraux basiques -Supports de culture -Biostimulants et additifs agronomiques.

- il y aurait moins de contrainte sur l'efficacité agronomique, les seuils proposés pour entrer dans une catégorie de fertilisants étant relativement bas afin de pouvoir laisser entrer l'ensemble des matières fertilisantes déjà mises sur le marché dans les états membres.

---

<sup>1</sup> ANPEA : association nationale professionnelle des engrais et des amendements

<sup>2</sup> RITTMO Agroenvironnement : Recherche Innovation Transfert de Technologie pour les Matières Fertilisantes Organiques

- un cadre sur l'innocuité du fertilisant serait introduit. Il serait commun à toutes les catégories de matières fertilisantes citées précédemment mais avec des spécificités pour chaque catégorie.

- la déclaration des éléments nutritifs (formes et solubilités) serait simplifiée afin d'informer correctement et facilement l'agriculteur sur ce que le fertilisant apporte au sol ou à la plante. Un numéro de lot deviendrait obligatoire de façon à assurer une certaine traçabilité des produits.

- des listes de matières premières positives ou négatives pourraient être mises en place afin d'assurer une plus grande flexibilité de la réglementation. Les associations de ces différentes matières premières seraient alors possibles à condition de respecter les conditions d'innocuité. Il n'y aurait sans doute plus de dénomination du type réglementaire.

- la caractérisation des produits ou matières visées s'appuierait sur des méthodes d'analyses normalisées reconnues et mises en application dans tous les États membres.

- le cadre réglementaire des biostimulants reposerait sur un enregistrement des produits par société afin de favoriser l'innovation et de garder le savoir-faire aux entreprises. Un même cadre serait sans doute réservé aux additifs agronomiques.

Un premier projet écrit de la Commission Européenne est attendu pour la fin de l'année 2013. Puis le projet sera soumis au Conseil et au Parlement Européen pour procédure ordinaire. Une adoption conjointe par le Conseil et le Parlement et une publication au JOUE pourraient être envisagées en 2016 avec une entrée en application en 2018.



**Florence CATRYCKE**

**Directrice Réglementation & Normalisation à l'UNIFA.**

Ingénieur Agronome diplômée de l'ENSAIA (1988), après une dizaine d'années dans le milieu agro-alimentaire en tant que responsable qualité et formatrice en Hygiène alimentaire, elle entre en 2003 à l'UNIFA (Union des Industries de la Fertilisation) comme responsable

Réglementation & Normalisation pour tout ce qui concerne la mise sur le marché des engrais minéraux, organo-minéraux et amendements minéraux basiques. Dès 2008, elle encadre le pôle Réglementation & Normalisation qui intègre toute la réglementation des matières fertilisantes depuis leur production jusqu'à leur mise sur le marché.

Parallèlement, elle devient la Directrice du Bureau de Normalisation de la Fertilisation (BN FERTI) en 2012, après avoir été Secrétaire Générale du BNAME pendant 9 ans. Ce nouveau bureau couvre la normalisation des matières fertilisantes, des supports de culture, des paillages, de leurs composants et de leurs additifs, ainsi que des méthodes permettant de les caractériser.

## Transfert sol-plante de cadmium, évaluation des risques.

**Laurence Denaix, Valérie Sappin-Didier, André Schneider, Jean-Yves Cornu et Christophe Nguyen**

*INRA Centre de Bordeaux Aquitaine – Bordeaux Sciences Agro  
UMR 1220 Transfert Sol-Plante et Cycle des Éléments Minéraux dans les écosystèmes cultivés  
Equipe Biogéochimie des Éléments Traces  
71 avenue E. Bourleaux 33883 Villenave d'Ornon Cedex*

*laurence.denaix@bordeaux.inra.fr*

Suite au Grenelle de l'Environnement, la demande sociale d'une alimentation respectant des critères de qualité stricts est de plus en plus forte. L'agriculture doit donc produire des végétaux destinés à la consommation animale ou humaine avec de faibles teneurs en contaminants. Parmi les contaminants trouvés dans les sols, le cadmium (Cd) est un élément particulièrement préoccupant. L'étude de l'Alimentation Totale (EAT2) de l'ANSES, publiée en 2011, a en effet relevé des risques de dépassement des seuils toxicologiques pour le plomb, le cadmium, l'arsenic inorganique.

Parallèlement, en 2009, l'EFSA a produit un avis sur le cadmium proposant de réviser fortement à la baisse les seuils de l'OMS. Ces conclusions ont conduit la commission européenne à réfléchir à un abaissement des seuils réglementaires pour l'alimentation humaine. Il est donc crucial de comprendre les raisons des niveaux de contamination élevés, non encore clairement identifiés à l'échelle de la parcelle ou du bassin versant.

Le cadmium a une origine naturelle et provient de l'altération des roches. Mais il est aussi apporté aux sols par des retombées atmosphériques ou par des intrants agricoles tels que les fertilisants minéraux (essentiellement les engrais phosphatés), les amendements organiques (fumiers, lisiers, boues de STEP), l'eau d'irrigation ou l'usage de produits phytosanitaires. Le sol est un compartiment accumulateur de contaminants minéraux. Cependant, il a été clairement démontré par de nombreuses études qu'il n'existe aucune relation entre la concentration en contaminant minéral présent dans un sol et la concentration dans les végétaux cultivés sur ce sol.

En effet, les contaminants peuvent être piégés dans différentes phases et ne sont pas forcément disponibles pour les plantes. Pour qu'un élément trace soit absorbé par la plante, il faut qu'il soit présent en solution sous la forme d'un ion. Ainsi, différents facteurs physicochimiques des sols vont jouer sur la biodisponibilité : par exemple, une augmentation de pH va diminuer la mobilité et donc la biodisponibilité des éléments traces. L'apport de matières organiques, connues pour piéger les éléments traces, va aussi réduire la biodisponibilité des contaminants minéraux. Une gestion agronomique adéquate des sols peut contribuer à améliorer la qualité des productions végétales.

Il est également possible de limiter les transferts sol-plante en jouant sur la capacité de prélèvement des végétaux. Ainsi, il est connu que des familles végétales différentes ont des capacités d'accumulation variables. De même, pour une même espèce, suivant la variété, le niveau de contamination du produit récolte peut fluctuer d'un facteur 2 à 6.

Ainsi, il est possible de proposer des pistes pour limiter le transfert sol-plante des contaminants minéraux dans un contexte agricole soumis à des contaminations diffuses actuelles et passées.

Mots clés : élément trace, contaminants minéraux, arsenic, plomb, cadmium, transfert sol-plante, biodisponibilité.

Laurence Denaix (INRA)  
UMR TCEM  
INRA Centre d'Aquitaine  
71 av. E. Bourlaux  
CS 20032  
33882 Villenave d'Ornon Cedex  
tel : 05 57 12 25 10  
fax : 05 57 12 25 15  
laurence.denaix@bordeaux.inra.fr

47 ans - Ingénieur agronome (AgroParisTech, 1989), Docteur en Sciences du Sol en 1993 (Université Paris VI) et HDR en 2007 (Université de Pau et des Pays de l'Adour).  
Directeur de Recherche 2<sup>ème</sup> classe INRA, elle dirige depuis 2011 l'unité mixte de recherche INRA-Bordeaux Sciences Agro TCEM (Transfert sol-plante et Cycle des Eléments Minéraux dans les écosystèmes cultivés), laboratoire membre du Labex COTE (Evolution, adaptation et gouvernance des écosystèmes continentaux et côtiers).  
Elle s'est spécialisée dans la biogéochimie des éléments traces et s'intéresse plus particulièrement au transfert des métaux (cadmium, cuivre, plomb, zinc) du sol vers les plantes dans l'objectif de comprendre et modéliser l'accumulation des métaux dans les végétaux cultivés destinés à la consommation animale ou humaine.  
Elle est co-auteur de 40 publications scientifiques dans des revues à comité de lecture et de 4 chapitres d'ouvrage. Elle a encadré 4 post-doctorats, 11 thèses et 26 étudiants en stages Master, Licence, BTS ou écoles d'ingénieur.  
Elle est également enseignant vacataire des Universités Bordeaux 1, Bordeaux 3, et de Bordeaux Sciences Agro et responsable de deux unités d'enseignement du Master Ecotoxicologie et Chimie de l'Environnement de l'Université Bordeaux 1.  
Elle est fortement engagée dans le RMT QUASAPROVE (Qualité sanitaire des productions végétales de grande culture) et anime le réseau national de parcelles dont l'objectif est de faire un état des lieux et de mieux comprendre les niveaux de contamination en métaux et mycotoxines des végétaux de grande culture.

# **L'Analyse de Cycle de Vie appliquée au secteur agricole - Adaptation et mise en œuvre de la méthodologie ACV au regard du poste fertilisation**

Alice Gueudet<sup>1</sup>, Samy Aït-Amar<sup>1</sup>, Marilyns Pradel<sup>2</sup>, Afsaneh Lellahi<sup>3</sup>, Aurélie Tailleur<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ACTA, 149 rue de Bercy – Paris, 75595

<sup>2</sup> Irstea, UR TSCF Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes, Domaine des Palaquins – Montoldre, 03150

<sup>3</sup> ARVALIS-Institut du végétal, Service Agronomie Economie Environnement, Boigneville, 91720

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est une méthode d'évaluation des impacts environnementaux d'un produit ou d'un service très largement utilisée. Cette méthode a en particulier été retenue pour l'estimation des impacts environnementaux des produits de grande consommation dans le cadre de l'affichage environnemental. Elle est utilisée dans le domaine agricole comme un outil d'identification des points critiques d'une filière ainsi que de comparaison et d'optimisation d'itinéraires techniques et de productions agricoles. Si cette méthode est standardisée (ISO 14040 et ISO 14044), un certain nombre de choix méthodologiques doivent cependant être réalisés par l'utilisateur et sont régulièrement remis en question car considérés comme sensibles pour l'évaluation. D'après de nombreuses études ACV, le poste fertilisation contribue grandement à plusieurs impacts environnementaux (réchauffement climatique, acidification, eutrophisation) des grandes cultures et suscite différentes questions méthodologiques. C'est dans ce contexte qu'a été lancée l'action exploratoire CASDAR « ACV et fertilisation ».

Initiée par l'ACTA en partenariat avec ARVALIS – Institut du Végétal et Irstea, cette action a débuté en octobre 2011 pour une durée de 14 mois. Elle a permis de mettre en œuvre la méthode d'Analyse du Cycle de Vie à différentes échelles, de manière à identifier les problématiques méthodologiques liées à la prise en compte de la fertilisation des cultures :

- L'échelle territoriale a été abordée via les possibilités de valorisation de données collectées à l'échelle d'un bassin d'approvisionnement d'une coopérative.
- L'échelle de la culture et de la rotation a été abordée via l'analyse de choix méthodologiques effectués à l'échelle parcellaire et relatifs à l'utilisation de règles d'allocation et de modèles d'émission.
- L'échelle intra-parcellaire a été abordée via une étude à dominante technologique sur les performances environnementales des machines d'épandage visant à évaluer la variabilité de résultats d'inventaire en fonction de la variabilité de paramètres d'entrée.

Dans ses finalités, l'action propose des pistes d'amélioration d'un point de vue recherche et opérationnel se traduisant par :

- des outils pour aider l'utilisateur d'ACV dans ces choix méthodologiques,
- la quantification des impacts sur les résultats ACV de leviers d'action pour les agriculteurs et les acteurs de la fertilisation ;
- l'identification de questions de recherche dans le domaine de l'ACV et des technologies.



**Alice Gueudet**

Ingénieur agronome

Chargée de l'étude ACV et « fertilisation » à l'ACTA de octobre 2011 à décembre 2012

Ingénieur à l'ADEME au Service Bioressources depuis 2013

**Aurélie Tailleux, [a.tailleur@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:a.tailleur@arvalisinstitutduvegetal.fr)**

Ingénieur agronome

Ingénieur spécialisé en ACV chez ARVALIS – Institut du végétal depuis 2009



**Samy Aït Amar, [samy.ait-amar@acta.asso.fr](mailto:samy.ait-amar@acta.asso.fr)**

Ingénieur agronome

Responsable partenariat agro-environnemental à l'ACTA depuis 2012

**Marilys Pradel, [marilys.pradel@irstea.fr](mailto:marilys.pradel@irstea.fr)**

Ingénieur agronome

Ingénieur d'étude à l'IRSTEA depuis 2007 sur l'évaluation environnemental (ACV empreinte carbone) des filières de traitement et de valorisation des boues d'épuration



**Afsaneh Lellahi, [a.lellahi@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:a.lellahi@arvalisinstitutduvegetal.fr)**

Ingénieur agronome

Responsable du Pôle Environnement et Filière chez ARVALIS – Institut du végétal

# Votez pour le meilleur poster

- Lisibilité
- Clarté
- Intérêt du contenu
- Originalité

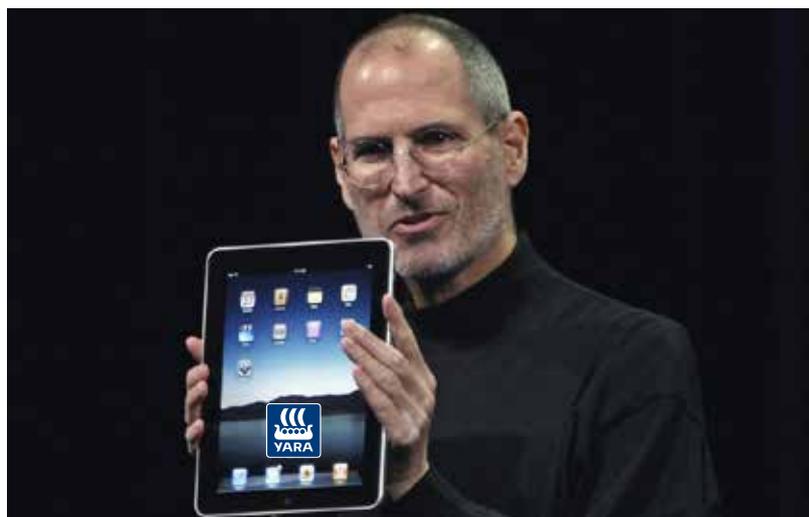
## A vous de juger !

Merci d'utiliser le bulletin de vote inséré dans la sacoche congressiste.  
Inscrivez le numéro du poster choisi et remettez le dans l'urne disposée devant l'amphithéâtre.

Le vote est possible jusqu'au jeudi 21 novembre, à la fin de la dernière pause du matin.

La remise du cadeau du meilleur poster s'effectuera à la clôture des Rencontres.

## Qui remportera la tablette ?





# LISTE DES POSTERS

## Sols / Matière Organique du Sol / Biologie

- 1** - Pertinence d'un bioindicateur microbien pour l'évaluation de la santé des sols.  
*Najat NASSR - RITMO*
- 2** - Impact de la vie microbienne des sols sur le degré d'évolution de leur matière organique établi grâce à la spectroscopie UV.  
*Antoine KHALIL - OvinAlp*
- 3** - Bioactive molecules synthesized by *P. fluorescens* CHA0. Effect of salt and natural osmoprotectants.  
*Fouzia ARIF - Université Sétif, Algérie*
- 4** - Effets de l'apport d'un amendement minéral calcimer sur le pH et sur la stabilité structurale de différents sols en conditions contrôlées et au champ.  
*Florence CRUZ - TIMAC AGRO INTERNATIONAL*
- 5** - Gestion durable de la fertilité physique des sols : le projet D'PHY-Sol.  
*Vincent TOMIS - Agro-Transfert Ressources et Territoires*
- 6** - Impact de la présence de cultures pérennes à vocation énergétiques sur les cycles C, N, et P dans les sols.  
*Sylvie RECOUS - INRA*
- 7** - Capacité d'absorption d'eau et de libération de carbone soluble par des mulchs de résidus végétaux sous l'influence de pluies contrastées.  
*Pascal THIEBEAU - INRA, UMR FARE*
- 8** - Minéralisation de la matière organique : approche du comportement du sol.  
*Jean-Philippe BERNARD - Chambre d'Agriculture de la Charente-Maritime*
- 9** - Effet de compléments de fertilisation sur les communautés microbiennes des sols.  
*Anne-Laure BLIEUX - WELIENCE Agro-Environnement*
- 10** - Le réseau GP5-Mh : un réseau régional pour constituer un référentiel sur la minéralisation des MO humifiées dans les sols de l'Ouest.  
*Thierry MORVAN - INRA UMR SAS*
- 11** - Variables explicatives de la minéralisation des MO humifiées du sol mesurée sur le réseau GP5-Mh - Premiers résultats.  
*Thierry MORVAN - INRA UMR SAS*
- 12** - Biochem-Env, une plateforme au service de la caractérisation biochimique des sols.  
*Christian MOUGIN - INRA Versailles*



# LISTE DES POSTERS

## Méthodes / Outils d'Aide à la Décision / Référentiel / Formation

- 13** - Définir l'optimum agro-environnemental de la fertilisation phosphatée, grâce à un essai de longue durée.  
*Pascal DENOROY - INRA Bordeaux*
- 14** - Solution du sol, DIP, variations climatiques saisonnières.  
*Jean-Marie PARMENTIER - ROSIER*
- 15** - Télédétection agronomique par drone.  
*Romain FAROUX - AIRINOV SAS*
- 16** - Un conseil de fumure raisonnée : le cas du phosphore  
*Malorie RENNESON - Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech ; Unité Systèmes Sol-Eau (Belgique)*
- 17** - Éléments en vue de la préparation du bilan de protons en remplacement du bilan calcique.  
*Groupe Chaulage - COMIFER*
- 18** - Effet de la rotation sur le potentiel de rendement des cultures - synthèse d'essais de longue durée.  
*Irène FÉLIX - ARVALIS Institut du végétal*
- 19** - Positionnement de la méthode française de calcul de la fertilisation azotée par rapport à d'autres pays européens.  
*Coline BRAME et al - Étudiants, Bordeaux Sciences Agro*
- 20** - Syst'N, du diagnostic des pertes à la gestion de l'azote dans les systèmes de culture.  
*Blandine ROBERT - INRA Rennes*
- 21** - N-EDU, création et déploiement de parcours de formation et ressources pédagogiques pratiques sur la gestion de l'azote en agriculture.  
*Céline GUIARD VAN LAETHEM - Chambre d'Agriculture de l'Aisne*
- 22** - Diagnostic des pertes de nitrates sur les Aires d'Alimentation de Captage (A.A.C) grâce à l'outil SYST'N  
*Fabien PUCEL - INRA Rennes*

## Éléments nutritifs

- 23** - Détermination d'une dose efficiente de l'engrais biologique phosphaté Guanotsar pour une meilleure productivité dans la culture de concombre  
*Jaona Harilala ANDRIAMANIRAKA - ESSA / Université d'Antananarivo Madagascar*
- 24** - État des lieux sur les fondements scientifiques et les résultats de la fertilisation foliaire des macro éléments.  
*Lionel JORDAN-MEILLE, Maëva GOURSOLLE et al - Bordeaux Sciences Agro*



## LISTE DES POSTERS

- 25** - Management du risque de la fertilisation Potassique.  
*Yoric TRUELLE - K+S KALI France*
- 26** - 1980 - 2012 synthèse sur 32 ans d'expérimentation Potassique à Aspach le Bas (68)  
*Thomas PROFFIT - K+S KALI France*
- 27** - Fertilisation phosphatée de la carotte : des pratique à rénover.  
*Christiane RAYNAL-LACROIX - Ctifl*
- 28** - Dynamique à long terme du phosphore organique dans un sol sableux cultivé sous une monoculture de maïs. Pas d'effet de la fertilisation minérale phosphatée.  
*Christian MOREL - INRA, UMR TCEM*
- 29** - Modélisation de l'impact de la fertilisation sur la culture de carottes des sables.  
*Xavier HEINZLE - Sileban*
- 30** - Effet de la température sur la nutrition azotée.  
*Wassila HANAFI - ENST Technologie Rouiba*

### Produits Résiduaire Organiques

- 31** - Qualité agronomique et sanitaire des digestats agricoles.  
*Mohamed BENBRAHIM - RITTMO*
- 32** - Inventaire des essais au champ étudiant le recyclage agricole des produits résiduaire organiques (PRO) en agriculture : synthèse et analyse au regard du contexte national du retour au sol PRO.  
*Alix BELL - INRA Grignon*
- 33** - Effets de la quantité et de la qualité de l'apport de résidus organiques sur la minéralisation du carbone et de l'azote organique dans les ferralsols.  
*Marie Virginie FALINIRINA - Institut Supérieur de Technologie d'Ambositra (ISTA), Université de Fianarantsoa*
- 34** - Impact de l'apport d'engrais organiques sur les émissions de N<sub>2</sub>O – Résultats de 2 années d'essai.  
*Cécile LE GALL - CETIOM*

### Divers

- 35** - Nouveau Programme National de Subvention des Engrais au Burundi (PNSEB).  
*Prosper DODIKO - Ministère de l'agriculture et de l'élevage*

# EXPOSITION

## Liste des exposants

### **AFES** (Association Française pour l'étude des sols)

INRA - CS 40 001 - Ardon  
45075 ORLÉANS Cedex 2  
Contact : Denis BAIZE  
Email : denis.baize@orléans.inra.fr

### **AIRINOV**

93 boulevard Raspail  
75006 PARIS  
Contact : Romain FAROUX  
Email : romain.faroux@airinov.fr

### **AMS France / Alliance Instruments**

10 avenue Charles de Gaulle  
95740 FRÉPILLON  
Contact : Guy LE JONCOUR  
Email : g.lejoncour@alliance-instruments.com

### **Courtages Analyses Services**

14 rue des Mouettes  
76130 MONT SAINT AIGNAN  
Contact : Laurent BERTAL  
Email : bertal@onlinecas.com

### **ELEMENTAR FRANCE SARL**

5 place Charles Béraudier  
69428 LYON Cedex 03  
Contact : Charles OJEIMI  
Email : charles.ojeimi@elementar.fr

### **FERTEMIS**

9 Rue Lavoisier  
56300 Pontivy  
Contact : Philippe LORCY  
Email : philippe.lorcy@eliard-spcp.fr

### **GERHARDT France**

9 rue du 11 novembre - BP 44  
78690 LES ESSARTS LE ROI  
Contact : Olivier DELL'ACQUA  
Email : gerhardt@wanadoo.fr

### **ITHEC LALLEMAND - FERTEMIS**

4 route de Beaupuy  
31180 CASTELMAUROU  
Contact : Olivier COR  
Email : ocor@lallemand.com

### **LHOIST Agriculture**

Le Puy Clermont - BP 21  
03800 GANNAT  
Contact : Olivier PELTIER  
Email : olivier.peltier@lhoist.com

### **LECO France**

ZAC Les Doucettes  
22 avenue des Morillons - BP 70074  
95144 GARGES-LES-GONESSE CEDEX  
Contact : Vincent LAVOUE  
Email : vincent.lavoue@lecofrance.fr

### **RITTMO AGROENVIRONNEMENT**

37 rue de Herrlisheim  
68000 COLMAR  
Contact : Romain BOULLY  
Email : romain.bouly@rittmom.com

### **RS TRADING / B. MARQUER**

7 route de l'ancienne gare  
50530 BACILLY  
Contact : Bertrand MARQUER  
Email : bertrand.marquer.bacilly810@orange.fr

### **SKALAR Analytique**

35-37 rue Berthollet  
94110 ARCUEIL  
Contact : Nicolas CHAUVIN  
Email : skalar@skalar.fr

### **SYMALAB**

894, rte de Fresles  
76270 BULLY  
Contact : Sylvain MALLET  
Email : sylvain.mallet@symalab.fr

### **UNIFA**

Le Diamant A  
92909 Paris La Défense Cedex  
Contact : Laurence PLANQUETTE  
Email : lplanquette@unifa.fr



# NOS PARTENAIRES

## IRIBARREN



La société IRIBARREN est spécialisée dans l'exploitation de carrières depuis 1976.

Créée en 1976 par Raymond et Eveline IRIBARREN, l'entreprise familiale est gérée par Eveline, Bertrand et Jean-François IRIBARREN. Aujourd'hui, elle emploie 180 salariés sur 12 sites différents dans les départements de la Vienne (86) et de la Charente (16).

Les carrières exploitées produisent plus de 2,5 millions de tonnes de matériaux divers (Diorite, Granit, Sable, Béton prêt à l'emploi, Pierre de taille, Marne et Dolomie).

Toute la commercialisation des matériaux produits est assurée par la société IRIBARREN.

Le dossier amendement : la Dolomie du Poitou et la Marne Blanche de Château Garnier.

L'intérêt économique et agronomique de nos produits en dehors de leur richesse en calcium et magnésium est de se présenter naturellement sous forme de poudre micronisée, commercialisable sans traitements lourds tels que le minage, le concassage, le broyage.

[www.dolomie-du-poitou.com](http://www.dolomie-du-poitou.com) ●

## ASFONA



Organisme de Formation spécialisé dans le secteur Agricole, ASFONA peut répondre à l'ensemble des besoins de formation pour les salariés et les dirigeants des entreprises des secteurs agricoles et para-agricoles, agrofourniture, collecte et commercialisation de céréales, jardineries, vente grand public...

ASFONA est, en particulier, habilité France entière par le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt pour mettre en place toutes les actions de formations et

de tests préparant aux différents certificats individuels produits phytopharmaceutiques – Certiphyto - pour tous les publics concernés : conseil, mise en vente-vente, travaux et services, usages professionnels exploitations agricoles et collectivités territoriales.

ASFONA « La culture des compétences durables » vient d'obtenir le renouvellement de la certification QUALICERT Services dans le cadre de son activité de formation spécialisée dans le secteur agricole.

[www.asfona.fr](http://www.asfona.fr) ●

## K+S KALI France



Producteur de produits potassiques et magnésien agissant à l'échelle internationale.

La société K+S KALI GmbH est une entreprise allemande (appartenant au Groupe K+S, numéro un mondial du sel), forte d'une longue tradition minière et jouant un rôle important sur les marchés mondiaux.

Elle dispose d'une expertise extraordinaire en termes d'extraction, de traitement et de transformation de sels bruts uniques pour proposer des solutions innovatrices et individuelles

en développant des produits pour ses clients provenant des secteurs agricoles, industriels, Health Care & Food et de la production d'aliments pour animaux. C'est par son conseil d'application proposé dans le monde tout entier qu'elle contribue de manière ciblée à l'utilisation durable de ses produits.

[www.kalifrance.com](http://www.kalifrance.com) ●

## L.A.T



Borealis L.A.T est un grossiste d'engrais et de produits azotés techniques en Europe avec un focus sur la région du Danube. Filiale à 100% de Borealis AG [www.borealisgroup.com](http://www.borealisgroup.com)

Borealis L.A.T agit mondialement, spécialement dans le secteur des produits azotés techniques. À partir de son siège social à Linz, le réseau de distribution de Borealis L.A.T couvre l'Europe de l'Atlantique à la mer Noire. Sept filiales en République Tchèque, Slovaquie, Roumanie, Hongrie, Croatie, Serbie et Bulgarie et des

équipes commerciales en France, en Allemagne et en Italie font de Borealis L.A.T votre partenaire local dans un environnement mondial.

[www.borealis-lat.com](http://www.borealis-lat.com) ●

## Avec la participation de



# NOS PARTENAIRES

## TERRENA



« La mission du groupe Terrena est d'inventer, expérimenter et diffuser des solutions pour une Nouvelle Agriculture, garante de hauts niveaux de rendements mais aussi respectueuse des écosystèmes, économe en ressources naturelles et bénéfique pour la santé des consommateurs. »

Avec 22 000 agriculteurs et 11 821 salariés, Terrena est l'un des acteurs majeurs de l'agriculture et de l'agroalimentaire français. C'est un groupe coopératif solidaire

grâce à une organisation économique au service du revenu de ses adhérents et engagé pour la promotion d'une nouvelle agriculture responsable devant le consommateur.

[www.terrena.fr](http://www.terrena.fr) ●

## UNIFA



L'Union des industries de la fertilisation (UNIFA), représente une catégorie d'acteurs stratégiques de la filière agricole. Elle a pour mission de promouvoir l'utilité des fertilisants ainsi que le rôle fondamental de leurs producteurs dans le développement d'une agriculture compétitive et durable en France.

L'UNIFA compte 50 adhérents qui produisent des engrais (minéraux et organo-minéraux) et des amendements minéraux basiques en France et en Europe.

Ces adhérents représentent 92% de la production française de fertilisants et 78% des livraisons, sur un marché annuel de 11,1 millions de tonnes de produits.

[www.unifa.fr](http://www.unifa.fr) ●

## YARA FRANCE



Yara propose des solutions pour une agriculture durable et la préservation de l'environnement. Nos engrais et nos programmes de nutrition des cultures contribuent à la production alimentaire nécessaire aux besoins d'une population mondiale croissante. Nos produits et nos solutions pour les industriels permettent de réduire les émissions polluantes, d'améliorer la qualité de l'air, et d'assurer en toute sécurité une activité industrielle efficace.

Yara est une entreprise mondiale fondée sur une organisation pluriculturelle résolument fidèle à son héritage scandinave, qui place la sécurité au cœur de ses priorités.

[www.yara.fr](http://www.yara.fr) ●

*“Un grand MERCI à tous pour votre participation active à la réussite de ces 11<sup>èmes</sup> Rencontres !”*

## Avec le soutien de

**CIRCUITS**  
culture

**cultivar**

**viti** LEADERS

**AGRO**  
DISTRIBUTION

PERSPECTIVES  
AGRICOLES

*Semences*  
**et Progres**

## et la présence de









**Vous avez besoin d'information ?**

**Vous êtes perdu ?**

**Contactez Tassadit au 06 12 73 74 28**



**Bonnes Rencontres !**

