

Colloque final du Réseau PRO (CasDAR/ADEME 2011-2014), 5 décembre 2014, Paris

Résumés des présentations

Contenu

Réseau PRO : Objectifs, partenariats, principaux résultats et perspectives ..... 3

Inventaire des essais au champ étudiant le recyclage agricole des produits résiduels organiques (PRO) en agriculture : synthèse et analyse ..... 7

Système d'information PRO ..... 9

Le référencement des PRO en base de données : méthode développée dans le cadre du Réseau PRO ..... 13

Guide méthodologique de conduite d'essais, exemple du protocole azote ..... 15

Accumulation dans les sols et phytodisponibilité des éléments traces en contexte d'apports répétés de PRO .. 17

Valorisation des données du Réseau PRO : Evolution des stocks de carbone en systèmes de grandes cultures et en vigne Paramétrage et adaptation du modèle AMG ..... 19

Prise en compte des produits résiduels organiques dans l'outil de diagnostic des pertes azotées Syst'N® ..... 23

Analyse des besoins du terrain sur l'acquisition de nouvelles références sur les effets agronomiques et environnementaux de l'épandage des produits résiduels organiques en Alsace..... 25



## Colloque final du Réseau PRO (CasDAR/ADEME 2011-2014), 5 décembre 2014, Paris

### Réseau PRO : Objectifs, partenariats, principaux résultats et perspectives

Heurtaux Mathilde<sup>1</sup>, Bell Alix<sup>1,2</sup>, Michaud Aurélie<sup>2</sup>

(1) ACTA, 149 rue de Bercy, 75 595 Paris Cedex 12

(2) INRA, UMR EGC INRA-AgroParisTech, 78850 Thiverval-Grignon

Contacts : [mathilde.heurtaux@acta.asso.fr](mailto:mathilde.heurtaux@acta.asso.fr), [amichaud@grignon.inra.fr](mailto:amichaud@grignon.inra.fr), [alixbell@gmail.com](mailto:alixbell@gmail.com)

#### Enjeux et objectifs du projet

Chaque année en France, près de 330 millions de tonnes de produits résiduaux organiques (PRO) d'origines variées sont épandues sur les terres agricoles pour leur valeur amendante et/ou fertilisante. Dans un contexte agro-environnemental et réglementaire favorable à leur recyclage agricole, cette pratique se présente comme la meilleure alternative par rapport à d'autres filières de traitement des PRO, au regard des enjeux environnementaux, économiques et énergétiques. Cependant, les conditions d'utilisation des PRO en agriculture doivent être déterminées de façon à assurer un recyclage optimal de la matière organique et des éléments fertilisants apportés au sol, tout en maîtrisant les impacts environnementaux et sanitaires. Outre une bonne **caractérisation analytique** des PRO, l'optimisation de l'utilisation des PRO passe notamment par l'acquisition de données à court, moyen et long termes sur des **essais de plein champ** conduits dans divers contextes agro-pédo-climatiques et pour une large gamme de PRO. En outre, en vue de pouvoir comparer et exploiter conjointement les données acquises dans diverses situations, il convient d'harmoniser les méthodes employées sur les essais et au laboratoire.

Ainsi, le projet « Réseau PRO » visait à mettre en place une **synthèse des essais de plein champ** étudiant les effets du recyclage agricole des PRO, afin de connaître et prédire les effets des épandages de PRO dans une grande diversité de situations agro-pédo-climatiques et de PRO épandus. Les enjeux auxquels le projet s'est proposé d'apporter des réponses portent d'une part sur l'**harmonisation, au sein d'un réseau national d'essais, des méthodes d'étude et de suivi** des effets des PRO au champ, et d'autre part sur la **mutualisation, dans une base de données, des données acquises** sur une grande diversité d'essais au champ.

De façon plus spécifique, le Réseau PRO visait à créer un réseau d'acteurs et à leur apporter des outils opérationnels de gestion des PRO en agriculture. Le projet s'était fixé les objectifs opérationnels suivants :

- Identifier les principales questions liées aux apports de PRO d'origine agricole, urbaine et industrielle et nécessitant la mise en place d'essais au champ
- Inventorier les essais au champ étudiant les effets des épandages agricoles de PRO en France
- Apporter aux expérimentateurs un cadre opérationnel commun pour la mise en place de nouveaux essais, sous la forme d'un guide méthodologique proposant des protocoles et des modes opératoires harmonisés ; définir des méthodes types pour les analyses en laboratoire visant à évaluer l'efficacité agronomique et l'innocuité des PRO
- Mutualiser les données acquises sur les essais et les caractéristiques analytiques des produits épandus en saisissant les données sous un format commun et en les archivant dans une base de données commune aux acteurs de la filière des PRO
- Exploiter les données (traitements statistiques) et en effectuer une analyse critique
- Consolider des outils de gestion et de pilotage de la fertilisation et du statut organique des sols, notamment ceux du RMT Fertilisation & Environnement (RegiFert™, AzoFert®, Syst'N® et SIMEOS-AMG) par l'intégration des résultats, et participer au développement d'outils d'aide à la décision portés par le RMT Quasaprove concernant la gestion des risques sanitaires en cas d'apports de PRO
- Fédérer les acteurs de la filière autour des questions liées au recyclage agricole des PRO
- Diffuser les connaissances et résultats acquis auprès de la profession agricole.

## Partenariats

Ce projet co-piloté par l'ACTA et l'INRA, UMR Environnement et Grandes Cultures, s'est appuyé sur l'expertise de nombreux partenaires scientifiques et techniques de la recherche, du développement et de la formation :

- 6 instituts Techniques agricoles : ACTA, Arvalis-Institut du Végétal, Centre technique interprofessionnel des oléagineux et du chanvre (CETIOM), Institut de la Vigne et du Vin (IFV), Institut Technique de la Betterave (ITB), Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB)
- 4 instituts de recherche et d'enseignement supérieur : Institut national de la recherche agronomique (INRA de Grignon, Arras et Rennes), AgroParisTech (UMR EGC), Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), VetAgroSup
- L'Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture (APCA) et 4 chambres d'agriculture (Bretagne, Drôme, Ardennes et Vendée)
- 4 organismes de développement et de transfert agricoles : Agro-Transfert Ressources & Territoires, Tête de réseaux pour l'appui méthodologique aux entreprises (TRAME, avec les Associations des agriculteurs composteurs de France et méthaniseurs de France), Association pour la relance agronomique en Alsace (ARAA), Syndicat Mixte Recyclage Agricole du Haut-Rhin (SMRA68)
- 2 laboratoires : Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherche (LDAR), SAS Laboratoire
- 2 entreprises : Frayssinet, VEOLIA Recherche & Innovation
- L'Établissement Public National de Rambouillet (Bergerie nationale)

Le projet était soutenu par les Réseaux Mixtes Technologiques « Fertilisation & Environnement » et « Quasaprove ». Sa mise en œuvre, de 2011 à 2014, a été permise grâce aux soutiens financiers du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, à travers son Compte d'affectation spéciale « Développement Agricole et Rural » (CASDAR) et de l'ADEME.

## Résultats et livrables

Les travaux du Réseau PRO auront abouti aux livrables suivants :

- 1. Inventaire des essais français étudiant les PRO [1] :** 364 fiches décrivant les 437 essais recensés en France, un document téléchargeable sur Internet (<http://www.rmt-fertilisationetenvironnement.org> puis [www.comifer.asso.fr](http://www.comifer.asso.fr)) et une analyse descriptive des résultats de cet inventaire.
- 2. Guide méthodologique opérationnel de conduite d'essais étudiant les PRO [2] :** un document téléchargeable sur Internet (<http://www.rmt-fertilisationetenvironnement.org> puis [www.comifer.asso.fr](http://www.comifer.asso.fr)) introduit par un rappel du contexte réglementaire du recyclage agricole des PRO et incluant (i) des protocoles de conduite d'essais étudiant les PRO par thématiques étudiées (ex. azote, phosphore, valeur d'amendement organique, contaminants), (ii) des modes opératoires décrivant certaines étapes clés allant du prélèvement d'échantillons aux méthodes d'analyses préconisées, et (iii) des préconisations permettant de choisir la parcelle expérimentale, et, de valider agronomiquement et statistiquement les données acquises sur les dispositifs et de les exploiter de façon annuelle, temporelle et entre dispositifs conduits en réseau.
- 3. Nomenclature et méthode de référencement des PRO [3] :** (i) une nomenclature consensuelle en cours de constitution entre partenaires du Réseau PRO et (ii) une méthode de référencement des PRO permettant de décrire les différentes étapes d'obtention d'un PRO avant épandage pour identifier et classer les PRO (ex. origine, nomenclature, statut, forme physique) et aussi archiver des informations de production pouvant avoir un impact sur les effets attendus au champ (ex. période/lieu production, composition, procédé(s) traitement, caractéristiques matières premières, etc.).
- 4. Système d'information (SI) PRO commun aux partenaires SOERE PRO et Réseau PRO [4] :**
  - Informations et données de 52 essais saisis sous un format unique (dispositifs conduits/animés par les partenaires ARAA/SMRA 68, CA o8 et 26, ITAB, CIRAD Réunion, CRAB, IFV, INRA, CETIOM et Arvalis).

- Développement de l'interface de référencement des dispositifs expérimentaux (contexte, protocole, plan d'expérimentation) et du référencement des PRO pouvant être épandus en agriculture (i.e. méthode de référencement des PRO)
- Pour les 52 dispositifs saisis, (i) archivage des informations de référencement des dispositifs et des PRO, (ii) archivage des fichiers de saisie dans le SI à la fin du projet et (iii) poursuite des développements au-delà du projet financé en vue notamment d'insérer les données de ces dispositifs.

#### 5. Exploitation des données :

- Traitements statistiques [5] : (i) analyse annuelle et temporelle des données acquises sur les dispositifs pour lesquels les données ont été saisies (avec l'accord préalable des propriétaires des dispositifs), (ii) mise en relation des conclusions/observations inter-dispositifs pour lesquels ce fut possible, (iii) analyse agrégée des données de composition des PRO épandus sur ces dispositifs et (iv) analyse critique des jeux de données mutualisés et recommandations.
- Devenir et biodisponibilité des éléments traces métalliques [6] : validation de l'utilisation d'un modèle pour la prédiction de l'accumulation à long-terme des éléments traces dans les sols agricoles et test d'un indicateur biologique de laboratoire permettant d'évaluer la phytodisponibilité de ces éléments traces en contexte d'apports répétés de PRO.
- Alimentation d'outils de gestion et de pilotage de la fertilisation et du statut organique des sols : (i) AMG pour la gestion des matières organiques des sols par les PRO [7], (ii) la prise en compte des PRO dans l'outil de diagnostic des pertes azotées Syst'N [8] et (iii) l'intégration de données Réseau PRO dans Azofert.

#### 6. Diffusion des connaissances et résultats :

- Elaboration d'un support pédagogique et d'une formation dispensée auprès d'enseignants de lycées agricoles [9]
- Présentation des travaux Réseau PRO à des colloques et séminaires [e.g. 10, 11, 12, 13, 14]
- Organisation du colloque de restitution des travaux du projet Réseau PRO le 5 décembre 2014, 82 inscrits.

### Conclusions et perspectives

Les travaux conduits dans le Réseau PRO auront permis de répondre aux objectifs initiaux du projet avec (i) la constitution d'un réseau d'acteurs de la filière, (ii) un état des lieux des essais étudiant les épandages agricoles de PRO en France, (iii) l'élaboration d'outils communs et consensuels entre partenaires du projet destinés à être utilisés par les acteurs de la filière (i.e. guide méthodologique de conduite d'essais sur les PRO, méthodes de référencement des PRO, SI PRO), (iv) la mutualisation de jeux de données entre partenaires, leur exploitation et leur utilisation pour consolider les outils de gestion portés par le RMT Fertilisation & Environnement, (v) un bilan des travaux mutualisés dans le réseau (ex. analyse descriptive de l'inventaire des essais étudiant les PRO, analyse critique des jeux de données mutualisés) et (vi) la diffusion des connaissances auprès de la profession agricole.

Malgré la très grande quantité, la diversité et l'hétérogénéité des informations et données recensées et saisies, les travaux de caractérisation, de référencement, d'analyse et d'archivage ont pu être menés à bien de façon consensuelle par l'équipe projet. Le projet Réseau PRO aura ainsi contribué de façon majeure aux travaux français liés au recyclage agricole des PRO en constituant un groupe d'acteurs de la filière. Celui-ci a favorisé l'élaboration d'outils communs et consensuels pour les expérimentateurs et plus généralement à tous les acteurs du recyclage agricole des PRO, et la mutualisation des jeux de données au sein d'un système d'information commun et pérenne (en développement) intégrant la diversité des PRO et des situations agro-pédo-climatiques rencontrées en France.

*In fine*, les travaux conduits dans le Réseau PRO seront utiles aux institutions recherchant des informations et données sur les PRO épandus en agriculture et sur leurs effets, et, contribueront à alimenter les législateurs et réglementateurs avec des jeux de données faisant l'objet de consensus. De façon plus générale, une meilleure connaissance de la valeur agronomique des PRO épandus en agriculture favorisera l'amélioration de leur acceptabilité sociale, en apportant des arguments complémentaires aux questions liées à la sécurité sanitaire et environnementale des pratiques agricoles.

C'est pourquoi les travaux du groupe Réseau PRO nécessitent d'être prolongés au-delà du présent projet, notamment pour poursuivre :

- (i) l'animation du réseau d'acteurs et d'essais,
- (ii) la fin du développement du SI et son alimentation avec les jeux de données mutualisés, recensés et intéressants d'acquérir sur les dispositifs existants ou mis en place à l'avenir (e.g. acquisition de données relatives à la fertilisation P et S, aux aspects d'innocuité, pour de nouveaux PRO...)
- (iii) la valorisation et la communication des résultats et des acquis, sous forme de documents diffusés largement (ex. analyse descriptive des essais inventoriés au regard du contexte régional, méthode de référencement des PRO, synthèse et analyses statistiques/agrégées des jeux de données).

En outre, ce travail consensuel entre partenaires de la filière PRO produisant des outils communs et concertés devrait se poursuivre via le projet **PROtypo** (« **Typologies et valeurs agronomiques des PRO** » : établissement des valeurs agronomiques et des typologies C et NPK basées sur les effets attendus au champ pour les produits résiduaire organiques épandus sur le territoire français), lauréat à l'appel à projets CasDAR IP 2014 et pour lequel un cofinancement est recherché. En effet, ce projet a pour objectif de définir les valeurs agronomiques des PRO français en établissant les gammes de valeurs des paramètres agronomiques et en regroupant les PRO en classes de comportement, opérationnelles pour le conseil en agriculture, basées sur le potentiel amendement organique, les effets azotés (valeur azotée court et moyen termes et risques potentiels de lessivage) et les valeurs fertilisantes phosphatée et potassique. Ces travaux aboutiront *in fine* à l'élaboration d'un guide opérationnel de choix des PRO représentatifs de la diversité des PRO épandus en France en termes d'origine (urbains, agricoles, agro-industriels) et de procédés de traitements (ex. sans, compostage, méthanisation, séchage, chaulage).

## Références

- [1] **Bell A, Leclerc B, Butler F, Houot S, Michaud A**, 2014, Inventaire des essais au champ étudiant le recyclage agricole des produits résiduaire organiques (PRO) en agriculture : synthèse et analyse, colloque de restitution des travaux Réseau PRO
- [2] **Damay N, Bouthier A, Bell A**, 2014, Guide méthodologique de conduite d'essais, exemple du protocole azote, colloque de restitution des travaux Réseau PRO
- [3] **Bell A, Michaud A, Schaub A, Trochard R, Sagot S, Dumont S, Parnaudeau V, Leclerc B, Heurtaux M, Koyao V, Diankha A, Belkacem M, Houot S**, 2014, Le référencement des PRO en base de données : méthode développée dans le cadre du Réseau PRO, colloque de restitution des travaux Réseau PRO
- [4] **Michaud A, Bell A, Maury O, Alexandre S, Dianka A, Belkacem M, Koayo V, Trochard R, Sagot S, Leclerc B, Cahurel JY, Houot S**, et al., 2014, Système d'information PRO, colloque de restitution des travaux Réseau PRO
- [5] **Germain M, Bell A, Trochard R, Lollier M, Cahurel B, Leclerc B, Flenet F, Houot S, Michaud A**, 2014, Valeur agronomique de produits organiques épandus sur les essais Réseau PRO, colloque de restitution des travaux Réseau PRO
- [6] **Bravin MN, Oustrière N, Edde A, Poïny-Toplan S, Michaud A, Ponce B**, 2014, Accumulation dans les sols et phytodisponibilité des éléments traces en contexte d'apports répétés de PRO, colloque de restitution des travaux Réseau PRO
- [7] **Duparque A, Houot S, Cahurel J-Y, Fortin E, Jousseume D, Caruel B, Goedtgheluck K**, 2014, Valorisation des données du Réseau PRO : Evolution des stocks de carbone en systèmes de grandes cultures et en vigne, paramétrage et adaptation du modèle AMG, colloque de restitution des travaux Réseau PRO
- [8] **Parnaudeau V, Cabanes O**, 2014, Prise en compte des produits résiduaire organiques dans l'outil de diagnostic des pertes azotées Syst'N®, colloque de restitution des travaux Réseau PRO
- [9] Michaud A, Bell A, 2014, Construire une séquence pédagogique consacrée aux conduites d'essais au champ, application à l'utilisation des produits résiduaire organiques (PRO), support pédagogique de la formation dispensée à EPN Rambouillet
- [10] Bell A, Michaud A, De Chezelles E, Houot S, 2013, « Réseau PRO » : analyzing the French context of field experiments assessing agronomic, environmental and sanitary impacts of organic residues recycled in agriculture, RAMIRAN congress, Versailles
- [11] Bell A, Heurtaux M, Michaud A, 2013, Recyclage des effluents d'élevage en agriculture : contexte national de l'expérimentation au champ et mise en place d'outils et de références pour optimiser le recyclage dans le cadre du projet Réseau PRO, Colloque Les systèmes de polyculture – élevage dans les territoires, Toulouse
- [12] Bell A, Michaud A, Schaub A, Trochard R, Sagot S, Dumont S, Parnaudeau V, Leclerc B, Heurtaux Ma, Houot S, 2013, Réseau PRO, référencement des Produits Résiduaire Organiques dans un système d'information mutualisé, COMIFER GEMAS 2013, Poitiers
- [13] Bell A, Cahurel JY, Desmet P, Heurtaux M, Piraux F, Michaud A, 2014, Evolution of vineyard soil organic matter contents after repeated inputs of various composts in different pedoclimatic contexts: statistical analysis of a field experiment network, ORBIT congress, Gödöllő Hongrie.
- [14] Michaud A, Bell A, Heurtaux M, Houot S, 2014, French national network devoted to ensure durable recycling of organic residues in agriculture: field experiment network, professional network and shared databases, 20<sup>th</sup> world congress of soil science, Korea.

## Colloque final du Réseau PRO (CasDAR/ADEME 2011-2014), 5 décembre 2014, Paris

### **Inventaire des essais au champ étudiant le recyclage agricole des produits résiduaux organiques (PRO) en agriculture : synthèse et analyse**

**Bell Alix<sup>1 et 2</sup>, Leclerc Blaise<sup>3</sup>, Butler Fabienne<sup>2</sup>, Houot Sabine<sup>1</sup>, Michaud Aurélia<sup>1</sup>**

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

(2) ACTA, 149, rue de Bercy, 75595, Paris Cedex 12, FR

(3) ITAB, 149, rue de Bercy, 75595, Paris Cedex 12, FR

Contact(s) : [alixbell9@gmail.com](mailto:alixbell9@gmail.com), [blaise.leclerc@itab.asso.fr](mailto:blaise.leclerc@itab.asso.fr)

#### **Contexte, enjeux et objectifs**

La nature des Produits Résiduaux Organiques (PRO) recyclés en agriculture et les effets attendus après apport au sol peuvent grandement varier du fait de l'origine des matières premières (urbaine, industrielle, agricole) et du/des traitement(s) appliqué(s) ou non aux produits (compostage, méthanisation, etc.). En France, de nombreuses expérimentations au champ ont été mises en place par divers types de structures (instituts de recherche, instituts techniques, chambres d'agriculture, etc.) pour évaluer in situ la valeur agronomique des PRO ainsi que les éventuels impacts environnementaux et sanitaires de leur recyclage. Ces essais expérimentaux ont été conduits sur une grande diversité de PRO, dans des contextes pédoclimatiques variés et pour différents systèmes de culture (arboriculture fruitière, viticulture, grandes cultures, etc.).

Dans le cadre du projet Réseau PRO, soutenu par un financement CasDAR et ADEME (2011-2014), un inventaire a été conduit pour recenser les essais au champ étudiant le recyclage agricole des PRO, les méthodes expérimentales mises en œuvre et les méthodes de caractérisations analytiques. L'enquête, lancée en 2011, a permis la mise à jour de l'inventaire de l'ADEME paru en 2002 [1].

L'étude a pour objectif (i) de synthétiser les résultats généraux de l'inventaire national des essais au champ portant sur le recyclage des PRO en agriculture, et (ii) de mettre en évidence les éventuels besoins de références pour certains PRO, contextes agropédoclimatiques ou pour certaines thématiques d'études par rapport à celles qui sont le plus étudiées.

#### **Démarche**

En 2011, une enquête nationale a été menée afin d'inventorier les essais au champ étudiant les effets agronomiques, environnementaux et/ou sanitaires de l'épandage des PRO en agriculture. Cette enquête a permis de collecter les informations contextuelles des essais (PRO étudiés, contexte pédologique, durée, thématiques étudiées, etc.), de connaître les itinéraires techniques et méthodes de suivis mis en place ainsi que les types de données acquises (paramètres suivis, méthodes d'analyses, etc.). Ce recensement avait pour cibles les essais conduits en agriculture biologique ou conventionnelle avec (i) tous types de cultures (viticulture, cultures légumières, grandes cultures, arboriculture fruitière, sylviculture, etc.), (ii) tous types de thématiques et durées de conduite, et (iii) différents types de dispositifs (démonstratifs ou présentant des répétitions).

L'enquête a été adressée à toutes les structures impliquées dans la filière de recyclage des PRO, telles que des instituts techniques, des instituts de recherche, des chambres d'agriculture, ou des acteurs de la valorisation des PRO.

L'inventaire résultant de cette enquête retranscrit dans des fiches descriptives les informations relatives aux essais : nom de l'essai, localisation, organismes impliqués, contacts, contexte pédologique, système de culture, PRO étudiés, dispositif mis en place, suivis analytiques par compartiment.

Pour faciliter l'utilisation du guide, ces fiches sont classées par type de culture, puis par nombre de répétitions des traitements étudiés (qualité des données acquises sur l'essai), puis par région et département des essais.

La navigation vers les fiches intéressant un utilisateur donné est également facilitée par des index établis par cultures étudiées, par PRO étudiés, par analyses effectuées, par organismes impliqués, par interlocuteur, par thématique d'étude des PRO, par régions et départements.

## Résultats et livrables

Au cours de cette enquête, 437 essais ont été recensés, permettant de mettre en lumière le contexte expérimental français de l'évaluation des effets des PRO, de 1974 à 2012. Sur chacun des essais recensés plusieurs PRO et/ou plusieurs thématiques peuvent avoir été étudiés simultanément.

Le recensement montre que le nombre de dispositifs expérimentaux a augmenté de façon remarquable entre 1992 et 2000 (passant de 13 à 113 dispositifs par an) puis a diminué jusqu'en 2012. Avant 1992, seuls des essais de long terme (5 à plus de 10 ans d'expérimentation) ont été recensés. Ceci peut en partie être expliqué par le fait que l'historique et les résultats des essais de court et moyen termes (moins de 5 ans d'expérimentation) n'aient pas été archivés. Après 1992, la plupart des essais comptabilisés sont de courte durée (1 an), à moyenne durée (2 à 5 ans). Certains des essais de long terme initiés dans les années 2000 (19 essais) sont encore en cours de réalisation.

La majorité des essais inventoriés ont été conduits en grandes cultures (58%), principalement en blé, maïs ou colza. L'arboriculture fruitière, les cultures légumières, la viticulture, les prairies et la sylviculture ont été étudiés de façon moins importante (dans moins de 7% des essais pour chacun des types de cultures cités).

Les différents produits étudiés sur les essais recensés font l'objet d'une classification spécifique à l'inventaire, facilitant la recherche par l'expérimentateur des produits parmi ceux étudiés. On distingue donc ici les effluents d'élevage d'une part des produits d'origine urbaine / industrielle d'autre part. Ces produits d'origine urbaine / industrielle sont classés en : boues urbaines / industrielles, FFOM/biodéchets, déchets verts et OMR. On distingue également les produits organiques du commerce, les effluents d'agro-industrie et les autres produits (tels que pailles, luzernes, algues, etc.).

Ainsi, la majorité des produits étudiés sont les effluents d'élevage (étudiés sur 33% des essais), suivi des boues urbaines et industrielles (24%). Les déchets verts sont étudiés dans 6% des essais.

Outre cette classification des produits, quelle que soit l'origine des PRO considérée, on constate que les digestats sont étudiés sur moins de 2% de la totalité des essais recensés et que les composts le sont sur plus de 38% des essais recensés.

L'étude a mis en évidence 11 thématiques d'étude des PRO. Cinq thématiques portent sur les aspects agronomiques du recyclage des PRO en agriculture (effets azote, effets fertilisant P-K-Mg-S, effets amendants organiques, effets amendants pH et effets physiques), 3 thématiques portent sur les impacts sanitaires et environnementaux (apports en éléments traces (ET), en composés traces organiques (CTO) et en pathogènes). Les 3 dernières thématiques abordées portent sur les aspects économiques et sociaux de l'apport de PRO (qualité des productions, services écosystémiques, impacts économiques). La principale thématique étudiée sur les essais recensés est l'étude des effets fertilisants azotés des PRO (90% des essais) et en particulier les effets azote à court terme (54% des essais). Viennent ensuite les effets fertilisants « P, K, Mg et S » et les effets d'apports de PRO sur la qualité des productions agricoles (respectivement étudiés sur 35% et 27% des essais). Les thématiques les moins étudiées concernent les aspects environnementaux et sanitaires (contaminants).

## Conclusions et perspectives

L'inventaire, dont la mise en ligne sur le site du RMT Fertilisation et Environnement est prévue courant 2015, permettra aux expérimentateurs une meilleure connaissance de l'existant et une meilleure communication sur les essais qu'ils ont mis en place (partage de l'expérience, des données et des méthodes mises en place).

Cette enquête a également permis de mieux appréhender le paysage de l'expérimentation du recyclage des PRO en France. En effet, cette étude met en évidence l'existence d'un déséquilibre dans l'étude des PRO et de leurs effets suite à leur application au champ. En effet, les PRO sont étudiés principalement pour leur valeur azote. Peu d'essais suivent le devenir des contaminants pouvant être apportés par les PRO (ET, CTO, pathogènes), probablement du fait du coût d'analyse et de suivi associé très contraignant. L'étude montre également que les PRO les plus étudiés sont des PRO issus d'élevage et des PRO d'origine urbaine. On constate d'autre part un besoin de références concernant les digestats en général, quelle que soit l'origine des matières entrantes, comme l'a déjà souligné l'ADEME [2].

Un des objectifs du Réseau PRO est donc de créer la synergie et les ressources nécessaires pour permettre l'approfondissement des thématiques et PRO déjà étudiés et encourager l'étude de thématiques et de PRO pour lesquels un manque de références est constaté. Un guide méthodologique de mise en place et de conduite d'expérimentation est en cours d'élaboration dans le Réseau PRO. Le guide, ses enjeux et objectifs seront également présentés au cours de la journée de restitution du projet Réseau PRO [3].

[1] Ducasse-Cournac AM, Leclerc B, Muller F, 2002. Inventaire national des essais agronomiques réalisés avec des matières organiques et minérales d'origines urbaine et industrielle. 192p

[2] ADEME, 2011. Qualité agronomique et sanitaire des digestats. 250 p.

[3] Bouthier A, Damay N, Bell A, 2014 : Guide méthodologique de conduite d'essais, exemple du protocole azote, colloque de restitution du Réseau PRO

## Colloque final du Réseau PRO (CasDAR/ADEME 2011-2014), 5 décembre 2014, Paris

### Système d'information PRO

Michaud Aurélia<sup>1</sup>, Bell Alix<sup>1,2</sup>, Maury Olivier<sup>1</sup>, Alexandre Sophie<sup>1,3</sup>, Diankha Abdoulaye<sup>3</sup>, Belkacem Mehdi<sup>1,3</sup>, Koyao Vivianne<sup>3</sup>, Trochard Robert<sup>4</sup>, Sagot Stéphanie<sup>5</sup>, Leclerc Blaise<sup>6</sup>, Cahurel Jean-Yves<sup>7</sup>, Houot Sabine<sup>1</sup>, et al<sup>8</sup>.

(1) INRA, UMR EGC, 78850 Thiverval-Grignon

(2) ACTA, 75 000 Paris

(3) INRA, Cellule EcoInformatique, 2163, avenue de la pomme de pin – CS 40001 Ardon, 45075 Orléans Cedex 2

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

(5) Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherche, 02007 Laon

(6) IFV - Pôle Bourgogne - Beaujolais - Jura - Savoie, 210 Boulevard Vermorel, 69661 Villefranche/Saône

(7) ITAB, 75595 Paris cedex 12

(8) tous les partenaires ayant renseigné les fichiers de saisie et les partenaires de l'équipe projet du SI PRO, dont A Schaub (ARAA), T Morvan (INRA, UMR SAS), F Feder (CIRAD, UPR Recyclage et risque, 18524 Dakar, Sénégal)

Contact(s) : [amichaud@grignon.inra.fr](mailto:amichaud@grignon.inra.fr)

### Contexte et objectifs

De multiples essais ont été conduits en France pour étudier les effets du recyclage agricole des produits résiduaux organiques (PRO). De nombreux dispositifs expérimentaux ont ainsi été mis en place par différentes structures (ex. INRA, Arvalis, ITAB, IFV, CETIOM, CA, SMRA/ARAA) en utilisant différentes approches de conduite allant d'un essai agronomique démonstratif à un essai observatoire du SOERE PRO<sup>1</sup>, en étudiant différentes thématiques (ex. fertilisation azotée à court terme, effets d'amendement organique, risques environnementaux associés), dans différents contextes agro-pédo-climatiques et pour une diversité de PRO (voir Bell et al. 2014 « Inventaire des essais étudiant les PRO »). Un des objectifs du Réseau PRO était de mettre en commun les données acquises sur ces dispositifs expérimentaux et les caractérisations des PRO épandus (ex. mode de production, traitement, stockage et analyses en laboratoire), en vue d'exploiter conjointement certains jeux de données.

L'objectif initial du travail conduit dans le Réseau PRO était ainsi de développer un système d'information (SI) ayant pour but d'archiver les informations de conduite et les données acquises sur les dispositifs intégrés au Réseau PRO.

### Démarche

Au cours du projet de Réseau PRO, il a été décidé par les partenaires du SOERE PRO et du Réseau PRO de constituer un SI national, commun et pérenne pour **archiver les informations et données acquises sur les dispositifs français étudiant les PRO ainsi que les informations de production et de caractéristiques analytiques des PRO pouvant être épandus en France**. Ce SI est développé par les informaticiens de la cellule EcoInformatique INRA et l'UMR EGC en collaboration avec les partenaires du SOERE/Réseau PRO, notamment les partenaires de l'équipe projet dédiée au SI (Arvalis, LDAR, ARAA, INRA, IFV, ITAB, CIRAD).

Les informations et données à archiver dans le SI, nommées ci-après sont :

- **Pour la composante « Dispositifs »** : les informations de conduite des dispositifs du SOERE PRO et du Réseau PRO, leurs itinéraires techniques, les données acquises sur ces dispositifs (variables suivies sur les compartiments PRO, sol, plante, eau, air ; variables suivies avec les équipements de type chambres de mesures de gaz et de suivi du fonctionnement hydrodynamique des parcelles) ;
- **Pour la composante « PRO »** : les informations de production et les données de caractérisations analytiques des PRO épandus en France. Ces informations sont stockées dans une base spécifique « BaseTYPO » pouvant recevoir les informations et données des PRO utilisés sur les dispositifs mais également des PRO ne faisant pas l'objet d'étude agronomique au champ.

<sup>1</sup> **SOERE PRO** : Observatoire de recherche en Environnement « Impacts environnementaux du recyclage de produits résiduaux organiques sur les écosystèmes cultivés », piloté par l'INRA UMR EGC.

Le SI PRO est développé en réutilisant et en adaptant les bases de données utilisées antérieurement par le SOERE PRO. Les travaux conduits préalablement par la cellule EcoInformatique INRA ont également été utilisés pour le développement du SI PRO, comme l'interface de gestion des données de référence<sup>2</sup> et des données.

Dans le cadre d'ANAEE-France<sup>3</sup>, le travail est mutualisé pour certains types de données avec les SOERE ACBB et F-ORE-T (ex. propriétés physico-chimiques du sol et des solutions) et les formalismes utilisés par ces SOERE sont intégrés dans le travail de développement du SI PRO.

## Résultats et livrables

Les travaux suivants auront été conduits pour développer le SI PRO en fin de projet Réseau PRO CasDAR/ADEME :

### Saisie des données :

- **Développement d'un fichier de saisie unique** permettant d'intégrer la diversité des situations rencontrées (i.e. PRO, cultures, sols, climats, données, itinéraires techniques), et, de saisir le référencement des dispositifs et des PRO, les itinéraires techniques et les différents types de données pouvant être acquis sur les dispositifs et les PRO (i.e. propriétés physico-chimiques des sols/PRO/eaux, composition des plantes, contaminants, reliquats azotés, incubations Carbone Azote, ...).
- **Saisie complète de 50 dispositifs dans le fichier de saisie commun entre partenaires** (voir tableau) et **début d'exploitation des données saisies** (voir les résumés de Germain et al. 2014, Bravin et al. 2014, Duparque et al. 2014, Parnaudeau et Cabanes 2014), 2 dispositifs du SOERE PRO sont en outre intégrés à ces dispositifs pour l'exploitation des données, ce qui donne un total de **52 dispositifs intégrés actuellement au Réseau PRO**.

### Développement du système d'information :

- **Référencement des dispositifs** : (1) développement de l'interface de saisie pour référencer les dispositifs (contexte, protocole, plan d'expérimentation) en intégrant la diversité des situations rencontrées, (2) saisie des informations de référencement des 52 dispositifs actuellement intégrés au Réseau PRO.
- **Référencement des produits** : (1) développement de l'interface de saisie des informations de production des PRO épandus sur les dispositifs et en agriculture (i.e. origine, statut, période/lieu production, composition, procédé(s) de traitement, caractéristiques des matières premières, etc.) (voir Bell et al. 2014 « Méthode de référencement des produits épandus en agriculture »), (2) début de saisie des informations de production des PRO épandus sur les dispositifs saisis.
- **Archivage des données analytiques** : (1) formalisation des besoins pour insérer les données sol (mutualisation avec d'autres SOERE dans le cadre d'ANAEE-France) ensuite réutilisée et adaptée pour d'autres types de données (i.e. composition analytique des PRO/ plantes/eaux), (2) amélioration de la composante « PRO » pour archiver les données d'incubation C, N et P, et, (3) *a minima* archivage dans le SI des 50 fichiers de saisie renseignés, sachant qu'à l'avenir l'insertion réelle dans le SI des données de ces 50 dispositifs devra être effectuée tout comme pour l'ensemble des dispositifs du SOERE PRO et d'autres dispositifs recensés dans le Réseau PRO.

Partenaires	Dispositifs recensés	Fichiers de saisie renseignés	Thématiques étudiées sur les dispositifs
ARVALIS (BDD GDS)	5 dispositifs	2 dispositifs complets	Azote, effets amendant organique / P-K-Mg-S/ physiques
CA o8	5 dispositifs	5 dispositifs complets	Azote, ETM
CA z6	4 dispositifs	4 dispositifs complets	Azote, P-K-Mg-S, ETM, pathogènes
CETIOM	6 dispositifs	6 dispositifs complets	Azote
CIRAD	3 dispositifs	3 dispositifs complets	Azote, ETM
CRAB	25 dispositifs	5 dispo. complets, 7 en cours	Azote, effets amendant organique / physiques
IFV	11 dispositifs	11 dispositifs complets	Azote, effets amendant organique / fertilisant P-K-Mg-S
INRA (SOERE PRO)	10 dispositifs	4 dispositifs complets, 2 en cours	Effets agronomiques et environnementaux
ITAB	114 dispositifs	8 dispositifs complets	Majoritairement azote
SMRA 68/ARAA	2 dispositifs	2 dispositifs complets	Azote, P-K-Mg-S, ETM, pathogènes

<sup>2</sup> **Données de référence** : sous-ensemble des métadonnées regroupant les informations systématiquement associées à chaque donnée permettant de l'expliquer ou de la décrire (ex. dispositif, nom de parcelle, nom de variable, unité, méthode d'analyse...).

<sup>3</sup> **ANAEE-France** : Analyses et expérimentations sur les écosystèmes, infrastructure nationale sur l'étude des écosystèmes aquatiques et terrestres, CNRS/INRA.

## Conclusions et perspectives

Un SI PRO commun et pérenne entre partenaires du SOERE PRO et Réseau PRO est constitué pour archiver les informations et données acquises sur les dispositifs expérimentaux français étudiant les PRO, et, archiver les informations de production et de caractéristiques analytiques des PRO pouvant être épandus en France. Ce SI est développé par la Cellule EcoInformatique INRA et l'UMR EGC, en collaboration avec les partenaires du SOERE/Réseau PRO (notamment Arvalis, LDAR, ARAA, INRA, IFV, ITAB, CIRAD).

L'ensemble des 50 dispositifs dont les données ont été saisies au cours du projet et tous ceux du SOERE PRO seront archivés dans le SI PRO : avec le référencement des dispositifs et des PRO étudiés ainsi que l'archivage de tous les fichiers de saisie renseignés (voir tableau). A terme, les données devront également être insérées dans le SI lorsque les interfaces de gestion des données (PRO, sol, plante) seront développées, vraisemblablement courant 2015. Idéalement, les informations et données provenant d'autres dispositifs inventoriés dans le Réseau PRO (Bell et al. 2014) devraient également être insérées dans le SI.

Au-delà de fin 2014, les développements du SI PRO seront poursuivis grâce aux informaticiens de la cellule EcoInformatique INRA et l'UMR EGC et l'appui de partenaires du SOEREPRO/Réseau PRO, pour mettre en accès le SI dans les plus brefs délais.

Les documents juridiques relatifs à l'accès et utilisation des données seront par ailleurs établis avec l'appui de juristes INRA, ACTA et CIRAD, en vue d'assurer un cadre juridique au SI PRO développé tant pour les partenaires actuels que futurs.

Le SI pourra ainsi être utilisé avec différents niveaux d'accès aux informations et données pour (i) les partenaires et membres du SOERE PRO, Réseau PRO et via ANAEE-France, (ii) de nouveaux partenaires utilisant par exemple le guide méthodologique de conduite des dispositifs (voir Damay et al. 2014) et qui souhaiteraient devenir partenaires du Réseau PRO, (iii) les partenaires du projet PROtypo visant à établir les valeurs agronomiques des PRO français et (iv) toute institution recherchant des informations et données sur les PRO épandus en agriculture.

**Bell A, Leclerc B, Butler F, Houot S, Michaud A, 2014, Inventaire des essais au champ étudiant le recyclage agricole des produits résiduels organiques (PRO) en agriculture : synthèse et analyse, colloque de restitution des travaux Réseau PRO**

**Bell A, Michaud A, Schaub A, Trochard R, Sagot S, Dumont S, Parnaudeau V, Leclerc B, Heurtaux M, Koyao V, Diankha A, Belkacem M, Houot S, 2014, Le référencement des PRO en base de données : méthode développée dans le cadre du Réseau PRO, colloque de restitution des travaux Réseau PRO**

**Bravin MN, Oustrière N, Edde A, Poïny-Toplan S, Michaud A, Ponce B, 2014, Accumulation dans les sols et phytodisponibilité des éléments traces en contexte d'apports répétés de PRO, colloque de restitution des travaux Réseau PRO**

**Damay N, Bouthier A, Bell A, 2014, Guide méthodologique de conduite d'essais, exemple du protocole azote, colloque de restitution des travaux Réseau PRO**

**Duparque A, Houot S, Cahurel J-Y, Fortin E, Jousseume D, Caruel B, Goedtgheluck K, 2014, Valorisation des données du Réseau PRO : Evolution des stocks de carbone en systèmes de grandes cultures et en vigne, paramétrage et adaptation du modèle AMG, colloque de restitution des travaux Réseau PRO**

**Germain M, Bell A, Trochard R, Lollier M, Cahurel B, Leclerc B, Flenet F, Houot S, Michaud A, 2014, Valeur agronomique de produits organiques épandus sur les essais Réseau PRO, colloque de restitution des travaux Réseau PRO**

**Parnaudeau V, Cabanes O, 2014, Prise en compte des produits résiduels organiques dans l'outil de diagnostic des pertes azotées Syst'N®, colloque de restitution des travaux Réseau PRO**



## Colloque final du Réseau PRO (CasDAR/ADEME 2011-2014), 5 décembre 2014, Paris

### Le référencement des PRO en base de données : méthode développée dans le cadre du Réseau PRO

Bell Alix, 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>, Viviane Koyao<sup>9</sup>, Abdoulaye Diankha<sup>9</sup>, Mehdi Belkacem<sup>1</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 - 35 042 Rennes Cedex

(7) ITAB, BP 16 - 84160 Cucuron

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

(9) INRA Orléans, 2163, avenue de la pomme de pin – CS 40001 Ardon – 45075 Orléans Cedex 2

Contact(s) : [alixbell9@gmail.com](mailto:alixbell9@gmail.com), [amichaud@grignon.inra.fr](mailto:amichaud@grignon.inra.fr)

### Contexte, enjeux et objectifs

Le projet Réseau PRO (CasDAR/ADEME) a été initié en 2011 avec pour objectif de mutualiser et partager les données acquises sur des essais au champ évaluant les effets du recyclage en agriculture de Produits Résiduels Organiques (PRO). Dans un premier temps, une enquête a été réalisée pour 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 du Réseau PRO [1] le met en évidence, les terminologies employées pour désigner les PRO étudiés et le niveau d'informations disponibles permettant de décrire ces PRO (composition, traitements, etc.) sont très hétérogènes entre les essais. Partant de ce constat, un travail d'homogénéisation des terminologies relatives aux PRO et du niveau de précision de leur description est à conduire en vue de (i) pouvoir mutualiser les données relatives aux PRO et les informations sur leur origine, (ii) créer une nomenclature nationale des PRO (PRO regroupés par terminologies permettant de les désigner et les ordonner), partagée par les structures impliquées dans la filière de recyclage des PRO en agriculture et (iii) acquérir des informations et données fiables sur l'historique d'obtention du PRO et sa composition afin de pouvoir identifier *in fine* les variables descriptives des PRO influant sur les caractéristiques analytiques voire sur leurs effets au champ.

L'objectif de cette présentation est d'exposer la méthodologie de référencement des PRO proposée dans le cadre du système d'information du Réseau PRO pour décrire les PRO épandus ou non en agriculture, en termes d'origine, de composition et de traitement.

### Démarche

Un groupe de travail composé d'informaticiens de la Cellule Ecoinformatique (INRA Orléans), de partenaires du Réseau PRO et d'experts de la filière de recyclage des PRO a été constitué afin d'élaborer une méthode de référencement des PRO fiable. Ce groupe de travail a reposé sur un échange entre les informaticiens, chargés de développer la base de données du Réseau PRO, et les partenaires, chargés d'exprimer les besoins du Réseau PRO.

### Résultats / livrables

Le système d'information (SI) du Réseau/SOERE PRO, en cours de développement, est déployé dans l'optique d'homogénéiser les terminologies et la méthode de description employées pour les PRO d'une part, et d'autre part, pour permettre l'intégration des données acquises au laboratoire ou sur les essais étudiant le recyclage agricole des PRO. Parallèlement, une nomenclature nationale des PRO, en cours d'élaboration, définit plusieurs critères permettant de classer les PRO par type en fonction de leur composition/nature. Ces différents critères ont été intégrés dans une méthode de description s'appuyant sur des listes de choix de réponses pour chaque information demandée afin d'homogénéiser les terminologies.

La méthode développée garantit en outre une description aussi détaillée que possible des PRO et de leur processus de fabrication. L'ensemble de ces informations sont ensuite reliées en base de données aux données analytiques acquises sur le PRO et éventuellement à celles acquises sur un essai au champ sur lequel le PRO a été étudié.

La méthode présente plusieurs niveaux de renseignement, interdépendants dans le SI :

- 1) Description générale du PRO
- 2) Composition du PRO
- 3) Procédé(s) de traitement appliqué(s) permettant l'obtention du PRO

### 1) Description générale du PRO

Ce premier niveau de renseignement d'un PRO consiste à donner des informations d'ordre général et essentielles à l'identification d'un produit décrit : le nom que l'utilisateur souhaite donner au produit (facilite la recherche en base de données), l'origine des matières organiques entrantes, le grand type d'appartenance du PRO (compost, digestat, matière organique non traitée, ...) et le type de PRO (intitulé de la nomenclature). Sont également requis une personne référente du PRO (producteur, détenteur, responsable d'essai...), un statut (déchet, homologation, norme associée...), une forme physique (pulvérulent, liquide, solide...), et, si existants, un nom commercial et des teneurs N/P/K annoncées sur l'étiquette. Cette étape permet également de savoir si le PRO décrit est épandu ou non sur un dispositif. Si oui, un lien est créé dans la base de données vers le dispositif en question et les résultats obtenus sur ce dispositif.

### 2) Composition du PRO

Le nom et la proportion de chaque matière première sont renseignés. A chaque matière entrante peuvent être associées des caractéristiques qui lui sont propres. Ces caractéristiques ont été intégrées du fait de leur possible influence sur les propriétés du produit final. Pour les matières entrantes issues d'élevage, il est ainsi possible d'associer les caractéristiques de l'élevage telles que le bâtiment d'élevage (aires paillées, caillebotis, etc.), les animaux (vaches laitières, broutard, etc.), la litière utilisée, etc. De même pour les boues de STEP, il est possible de préciser les caractéristiques de la STEP (DBO, capacité en équivalent habitant, etc.).

### 3) Procédés de traitement permettant d'obtenir le PRO

Les procédés appliqués au mélange de matières premières d'un PRO sont renseignés, datés et ordonnés (ex : procédé 1 : méthanisation, procédé 2 : compostage). A chacun des procédés peut être associée une (ou plusieurs) méthode (ex : méthanisation en voie humide puis compostage en andain avec retournement) ainsi que des caractéristiques générales (température maximale atteinte lors du procédé, nombre de retournement, etc.)

Chacun des procédés est ensuite découpé en étapes, à ordonner, et présentant des caractéristiques voire des méthodes associées (ex : le compostage présente des étapes de maturation et de fermentation pour lesquelles on peut préciser des caractéristiques telles que la durée, la température, etc. voire des méthodes).

On notera que les cas suivants sont également pris en charge par le système d'information :

- 1) Un PRO A est composé d'une matière première pouvant être considérée comme un PRO à part entière (« PRO a », auquel sont associées des données analytiques) : le SI permet d'enregistrer cette matière en tant que « PRO a » selon la méthode décrite ci-dessus. Lors du renseignement de la composition du PRO A, la méthode permet de préciser qu'une des matières entrantes est enregistrée sous le nom « PRO a » dans la base de données.
- 2) Les matières entrantes d'un PRO n'ont pas d'analyses associées et/ou ne sont pas considérées comme des PRO : la méthode décrite ci-dessus permet de renseigner tous procédés de traitement ayant permis d'obtenir cette matière première en amont (historique de la matière entrante). Il est donc possible par exemple de renseigner tous les procédés permettant l'obtention d'une boue de STEP entrant dans la composition d'un PRO.

## Conclusions et perspectives

La méthode proposée se veut aussi détaillée et précise que possible. Elle permet une traçabilité de l'historique de production d'un PRO, allant jusqu'à l'historique des matières premières le composant (caractéristiques de production, procédés appliqués en amont sur la matière première, etc.). Ce niveau de détail permettra à terme, en lien avec les données acquises au laboratoire ou au champ, d'avoir une meilleure connaissance des PRO, d'évaluer l'impact de l'origine des matières premières et des méthodes de production sur la qualité d'un produit et ses effets attendus au champ.

D'autre part, cette méthode se veut évolutive. Le système d'information a été réfléchi de façon à être souple et à intégrer facilement les éventuels nouveaux procédés, matière premières, etc. Elle a été testée pour un certain nombre de PRO testés dans les essais intégrés au Réseau PRO. Elle s'adapte aisément à la classification et la description d'une grande diversité des PRO recyclés en France d'origine urbaine, industrielle et agricole. Tout expérimentateur souhaitant stocker de façon durable et fiable les données et informations acquises sur des PRO pourront le faire via l'interface développée par la cellule EcoInfo (INRA Orléans).

[1] Bell A, Blaise L, Michaud A, Heurtaux Mathilde, Houot Sabine, 2014 : Inventaire des essais au champ étudiant le recyclage agricole des produits résiduaux organiques (PRO) en agriculture : synthèse et analyse – Colloque de restitution Réseau PRO

## Colloque final du Réseau PRO (CasDAR/ADEME 2011-2014), 5 décembre 2014, Paris

### Guide méthodologique de conduite d'essais, exemple du protocole azote

Damay Nathalie<sup>1</sup>, Bouthier Alain<sup>2</sup>, Alix Bell<sup>3,4</sup>

(1) LDAR pôle du Griffon, 180 rue Pierre-Gilles De Gennes, Barenton-Bugny, 02007 Laon CEDEX

(2) ARVALIS-Institut du Végétal, station du Magneraud, 17700 Saint Pierre d'Amilly

(3) INRA, UMR EGC INRA –AgroParisTech, 78850 Thiverval-Grignon

(4) ACTA, 149 rue de Bercy, 75 595 Paris Cedex 12

Contact(s): [ndamay@cg02.fr](mailto:ndamay@cg02.fr), [a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr), [alixbell9@gmail.com](mailto:alixbell9@gmail.com)

#### Contexte, enjeux et objectifs

De nombreux essais au champ à court-moyen terme sur le recyclage agricole des PRO sont implantés par différentes structures (chambres d'agriculture, instituts techniques, INRA, lycées agricoles, coopératives...), avec le plus souvent pour objectif d'évaluer la valeur fertilisante (azote, phosphore...) et amendante (organique) des PRO et certains impacts environnementaux (transfert de contaminants).

Les conclusions d'un inventaire des essais mis en place, réalisé dans le cadre du projet Réseau PRO, ont mis en exergue le manque d'harmonisation des protocoles et des modes opératoires mis en œuvre sur les essais, rendant difficile l'exploitation des résultats, en particulier des synthèses par grand type de PRO.

L'importance des enjeux liés au recyclage agricole des PRO et le besoin de références, nécessite de mettre en place des démarches expérimentales coordonnées avec des protocoles et des modes opératoires harmonisés. Pour ce faire, un guide méthodologique opérationnel a été élaboré dans le cadre du projet. Celui-ci vise à (i) définir par question posée les méthodes de référence pour étudier au laboratoire et au champ (par système de culture) les effets attendus du recyclage agricole des PRO, et (ii) aider à la mise en place d'essais en référencant les méthodes d'étude (protocoles et modes opératoires) en vue d'acquies des références permettant de valider des outils d'aide à la décision (ex. RegiFert™, AzoFert®, AMG), des indicateurs de laboratoire (ex. P Olsen, incubations, ISMO) dans différentes situations et d'apporter des outils d'évaluation fiables pour la normalisation et/ou l'homologation de produits (calcul de seuils, flux).

#### Démarche

Un plan détaillé du guide a d'abord été réalisé et validé par l'ensemble des partenaires. Les protocoles et les modes opératoires existants collectés notamment lors de l'inventaire des essais ont été rassemblés pour servir de base de rédaction du guide. Puis des groupes de travail mobilisant des représentants des organismes partenaires de Réseau PRO ont été mis en place pour rédiger chaque partie du guide. Le guide assemblé a ensuite été relu dans un premier temps par les partenaires de Réseau PRO, puis par des organismes extérieurs à Réseau PRO conduisant de l'expérimentation sur les PRO.

#### Résultats / acquis / livrables

Le guide présente tout d'abord le contexte réglementaire du recyclage agricole et les dispositions prises pour vérifier que ces produits (i) présentent un intérêt agronomique et (ii) soient inoffensives pour l'homme, les animaux et l'environnement, avec 3 fiches selon qu'il s'agit (i) de mise sur le marché, (ii) de plans d'épandage ou (iii) de dérogation. Il rassemble des protocoles d'essais au champ sur 4 grandes thématiques : azote, phosphore, effets à long terme sur la matière organique du sol, devenir des contaminants et l'ensemble des modes opératoires d'échantillonnages, mesures et observations sur les sols, les plantes et les PRO nécessaires à la mise en œuvre des protocoles. Le document présente également des méthodes de mise en place d'un essai au champ (choix de la parcelle, choix du dispositif expérimental) et des procédures portant sur la qualité agronomique et statistique des données acquises, ainsi que sur l'exploitation statistique de ces données.

Sur la thématique azote, qui est la plus étudiée, les protocoles ont ciblé 2 grandes options : (option 1) référencer des coefficients d'utilisation (CAU et Keq) de l'azote des PRO, (option 2) référencer des cinétiques de minéralisation au champ de l'azote organique et les comparer à celles établies au laboratoire (incubation). L'option 1 comporte 3 variantes de protocole :

- (variante 1) : référencement des CAU/Keq, variante plus simple de mise en œuvre,
- (variante 2) : évaluation de l'impact de l'apport de PRO sur le bilan d'azote,
- et (variante 3) : les adaptations de la fertilisation azotée minérale complémentaire.

### Conclusions et perspectives

Un guide complet, opérationnel et consensuel sera ainsi diffusé le plus largement possible à partir de début 2015. Il sera notamment mis en accès libre sur le site du RMT Fertilisation et Environnement (<http://www.rmt-fertilisationetenvironnement.org>). Le guide a déjà été utilisé pour produire des protocoles sur la thématique azote dans divers projets (PROLAB, VADIMETHAN...).

Ce guide, qui compte plus de 200 pages, pourra apparaître trop détaillé et rebuter certains expérimentateurs et devra être complété par des documents simplifiés, plus faciles d'accès et pédagogiques. Des actualisations (ajouts de protocoles...) seront à prévoir pour adapter le guide à l'évolution des problématiques et des questions posées.

Il permettra de fournir les bases communes à la mise en place d'essais au champ pour l'acquisition de données fiables, homogènes et plus aisément comparables d'un contexte agro-pédo-climatique à l'autre. La mutualisation des connaissances acquises grâce à ces expérimentations dans des bases de données sera également plus facile à envisager.

## Colloque final du Réseau PRO (CasDAR/ADEME 2011-2014), 5 décembre 2014, Paris

### Accumulation dans les sols et phytodisponibilité des éléments traces en contexte d'apports répétés de PRO

Bravin Matthieu N.<sup>1</sup>, Oustrière Nadège<sup>1</sup>, Edde Ambre<sup>1</sup>, Poigny-Toplan Stéphanie<sup>1</sup>, Michaud Aurélia<sup>2</sup>, Ponce Bernardita<sup>2</sup>

(1) CIRAD, UPR Recyclage et risque, F-97408 Saint-Denis, Réunion

(2) INRA, UMR EGC INRA – AgroParisTech, 78850 Thiverval-Grignon

Contacts : [matthieu.bravin@cirad.fr](mailto:matthieu.bravin@cirad.fr), [amichaud@grignon.inra.fr](mailto:amichaud@grignon.inra.fr)

#### Contexte, enjeux et objectifs

Les recherches menées ces dernières décennies sur la dynamique des éléments traces dans les sols recevant des apports répétés de produits résiduaux organiques (PRO) ont permis la mise en place de réglementations qui limitent à court-terme (< 5 ans) l'accumulation dans les sols et le transfert des éléments traces vers les organismes vivants (biodisponibilité) dans la très large majorité des contextes agronomiques français. Sur le moyen (5-10 ans) et le long-terme (> 10 ans), les évidences expérimentales de terrain sont plus rares mais suggèrent une accumulation progressive des éléments traces dans les sols dont la biodisponibilité reste difficile à estimer.

Pour passer de ce constat qualitatif et a posteriori à une véritable évaluation quantitative et prospective du risque « éléments traces », un outil de modélisation prédictive simple basé sur le bilan entrée/sortie d'éléments traces à la parcelle a été développé et validé à l'aide d'essais appartenant au Réseau PRO menés sur une dizaine d'années chacun, représentatifs de pratiques agricoles contrastées et ayant fait l'objet d'un suivi « éléments traces » conséquent. Un travail complémentaire visant à évaluer au laboratoire la biodisponibilité des éléments traces pour les plantes (phytodisponibilité) a été mené de sur des échantillons récoltés sur un essai mené sur le long-terme.

#### Matériels et méthodes / démarche

Trois essais du Réseau PRO ont été sélectionnés. Le premier essai a concerné l'épandage de boues de station d'épuration (Step ; 15-20 t MB/ha/an) sur du maïs grain cultivé pendant 15 ans dans le Haut-Rhin (climat semi-continentale). Le deuxième essai a concerné l'épandage de composts (30-60 t MB/ha/an) d'effluents d'élevage (porcs et volailles) sur des cultures maraîchères pendant 7 ans à la Réunion (climat tropical, 1200 mm/an). Le troisième essai a concerné l'épandage de lisiers (240-420 m<sup>3</sup>/ha/an) et de composts (21-36 t/ha/an) d'effluents d'élevage (bovins) sur prairie pendant 8 ans à la Réunion (climat tropical, 4500 mm/an). Le cuivre (Cu), le nickel (Ni) et le zinc (Zn) ont plus particulièrement été suivis dans les PRO, les plantes, les produits phytosanitaires et le sol. L'accumulation de Cu, Ni et Zn dans le sol a été modélisée à l'aide d'un bilan de masse annualisé tenant compte des flux d'entrées d'éléments traces par apport de PRO, d'engrais minéraux et dépôts atmosphériques et des flux de sorties d'éléments traces par lixiviation et prélèvement par les parties récoltées des plantes cultivées.

De façon complémentaire, des échantillons de sol ont été prélevés en 2013 sur un essai d'épandage de PRO (origines urbaine et d'élevage) réalisé pendant 16 ans sur une rotation blé-maïs en région parisienne. Ces échantillons de sol ont été mis en culture à l'aide du dispositif RHIZOtest permettant d'évaluer la phytodisponibilité d'une large gamme d'éléments traces en conditions contrôlées de laboratoire.

## Résultats / acquis / livrables

Les trois éléments traces étudiés pour la validation du modèle d'accumulation dans les sols ont chacun présentés une dynamique distincte et, ce, de manière similaire pour les trois essais étudiés. Aucune accumulation de Ni n'a été observée, ce qui a été principalement attribué au faible apport de Ni par les PRO relativement au stock initialement et naturellement présent dans les sols. Une accumulation de Cu et de Zn a été observée lors de l'apport de PRO au sol, contrairement aux modalités de fertilisation minérale pour lesquelles aucune accumulation n'a été observée. Le modèle a correctement représenté les variations temporelles de concentrations totales en Ni et Zn dans le sol pour l'ensemble des modalités de fertilisation testées dans les trois essais. Le modèle a en revanche sous-estimé l'accumulation de Cu observée dans les sols recevant certains apports de PRO des essais sur cultures maraîchères et prairie. Cette sous-estimation a été attribuée à de possibles transferts de Cu dans le sol sous forme particulière (lessivage) qui restent difficiles à prendre en compte dans le modèle.

Les mesures de phytodisponibilité des éléments traces à l'aide du RHIZOtest ont mis en évidence des différences significatives entre les différentes modalités de l'essai blé-maïs. L'apport de PRO au sol a par exemple généré une diminution de la phytodisponibilité de Ni et du cadmium notamment et à l'inverse une augmentation de la phytodisponibilité de l'arsenic.

## Conclusions et perspectives

Ces premiers travaux menés sur un ensemble d'essais de longue durée appartenant au Réseau PRO ont permis (i) de valider l'utilisation d'un modèle pour la prédiction de l'accumulation à long-terme des éléments traces dans les sols agricole et (ii) de tester un test biologique de laboratoire permettant d'évaluer la phytodisponibilité de ces éléments traces en contexte d'apports répétés de PRO. Appliqué aux échantillons de sol d'essais du Réseau et du SOERE PRO, le couplage de cette démarche de modélisation et de la réponse de tests biologiques de laboratoire tels que le RHIZOtest ouvre des perspectives pour le développement d'une méthodologie d'évaluation du risque « éléments traces » sur le long-terme.

## Colloque final du Réseau PRO (CasDAR/ADEME 2011-2014), 5 décembre 2014, Paris

### Valorisation des données du Réseau PRO : Evolution des stocks de carbone en systèmes de grandes cultures et en vigne Paramétrage et adaptation du modèle AMG

Annie Duparque<sup>(1)</sup> et Sabine Houot<sup>(2)</sup>

Avec le concours de :

Jean-Yves Cahurel<sup>(3)</sup>, Esteban Fortin<sup>(4)</sup>, Didier Jousseau<sup>(2)</sup>, Blandine Caruel<sup>(1)</sup>, Karl Goedtgheluck<sup>(1)</sup>

(1) Agro-Transfert Ressources et Territoires, 2 chaussée Brunehaut 80200 Estrées-Mons

(2) INRA, UMR EGC INRA – AgroParisTech, 78850 Thiverval-Grignon

(3) Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV), Villefranche sur Saône

(4) IFV, Angers

Contacts : [a.duparque@agro-tranferrt.org](mailto:a.duparque@agro-tranferrt.org) ; [houot@grignon.inra.fr](mailto:houot@grignon.inra.fr)

### Contexte, enjeux et objectifs

Les matières organiques du sol (MOS) jouent un rôle central dans la détermination de sa qualité et dans son fonctionnement. Elles constituent un maillon essentiel du cycle du carbone dans les agrosystèmes et leur dynamique alimente le stockage ou le déstockage de carbone organique (Corg) et par là-même l'atténuation ou le renforcement des émissions de GES. Leurs rôles vis-à-vis des différentes composantes de la fertilité du sol sont également à rappeler : elles renforcent la stabilité structurale des sols limoneux et ainsi leur résistance à la battance ; leur décomposition, leur minéralisation fournit aux cultures et aux microorganismes les éléments minéraux nécessaires à leur développement ; leur rôle tampon et vis-à-vis de la CEC est également reconnu ; elles sont source d'énergie et substrat pour les organismes vivants du sol.

L'évolution des MOS dépend de facteurs du milieu (caractéristiques du sol telles que la teneur en argile, et du climat local, à savoir température, bilan hydrique) et des pratiques culturales. Cependant, cette évolution dans le temps est lente et l'effet des pratiques culturales sur l'état organique des sols est difficile à caractériser à court terme et difficile à prédire à long terme.

Le modèle AMG (Andriulo et al., 1999 ; Saffih et Mary, 2008) et les outils de simulation associés (en particulier AMG-Recherche, créé pour travailler à l'amélioration du modèle, et Simeos-AMG, outil d'aide à la décision pour le conseil agricole : Duparque et al, 2013) ont été développés à cette fin.

AMG est un modèle simple de calcul de bilan humique à long terme, paramétré pour les systèmes de grandes cultures. Cependant, dans sa version actuelle, la prise en compte de l'effet des apports de PRO reste à améliorer, en particulier en y intégrant des travaux récents sur la valeur agronomique « Carbone » des PRO (Lashermes et al, 2009).

Ainsi, le premier objectif du travail présenté ici était de valoriser les jeux de données d'essais de longue durée « en systèmes de grandes cultures avec apports de PRO », mis à disposition dans le cadre du projet, pour estimer les coefficients isohumiques  $k_1$  des PRO dans le modèle AMG (Coefficient correspondant au rendement de la transformation du carbone apporté par les PRO, en carbone organique humifié dans le sol).

Le second objectif était d'étendre le domaine d'application du modèle AMG à d'autres systèmes de production que les grandes cultures, et en particulier, en collaboration avec l'IFV, à la vigne. De fait, l'état organique des sols viticoles est considéré comme préoccupant dans de nombreuses situations (teneurs en Corg souvent faibles), et aucun outil n'est actuellement adapté pour aider à la gestion des MOS dans ces parcelles.

### Partie 1 : Acquisition de références sur la valeur agronomique des PRO

L'estimation de la valeur agronomique « Carbone » des PRO peut se faire selon trois voies principales :

- **Au laboratoire :**
  - o Au travers des résultats d'incubations de longue durée à l'issue desquelles est déterminé le Corg résiduel, figurant le Corg potentiellement stocké sur le moyen ou long terme dans le sol.
  - o En s'appuyant sur la caractérisation biochimique des PRO et le calcul de l'Indice de Stabilité des Matières Organiques ISMO. Le calcul de cet indice s'est largement répandu depuis sa normalisation (XPU 44-162).
- **Au champ :** en optimisant les valeurs des  $k_1$  des PRO pour ajuster le modèle AMG aux cinétiques d'évolution des stocks de Corg observés dans des essais de longue durée. Pour cela, des jeux de données d'essais de longue durée avec apports de PRO (produits urbains et effluents d'élevage) ont été rassemblés pour partie dans le cadre du projet CASDAR AMG, puis ces séries de données ont été complétées dans le cadre de Réseau PRO (K. Goedtgheluck, 2014). Les valeurs de  $k_1$  calculées via le modèle AMG sont confrontées ici aux valeurs d'ISMO connues pour les PRO concernés.

Les valeurs de  $k_1$  optimisées s'échelonnent de 0.40-0.45 (fumier de volailles, compost d'ordures ménagères, sciure), à des valeurs supérieures à 0.75 (0.76 : compost de boues ; 0.83 : compost de biodéchets ; 0.93 : tourbe). Une très bonne correspondance entre ces valeurs et celles des ISMO de l'ensemble des PRO concernés est observée ( $ISMO/100 : 0.8985 \times k_1$  au champ,  $R^2 = 0.73$ ). Les principaux résultats présentés sont détaillés dans le rapport de D. Jousseume (2011). Par ailleurs cette étude a été poursuivie en 2014 (stage de K. Goedtgheluck) pour enrichir le jeux de données d'essais de longue durée à mobiliser et à intégrer in fine dans la base Réseau PRO. Les travaux d'optimisation des  $k_1$  des PRO pour AMG sur l'ensemble de ces données permettront prochainement de compléter ces résultats.

Livable : K. Goedtgheluck, 2014. Mémoire de stage, Lasalle-Beauvais ; Encadrement : -Agro-Transfert-RT, INRA

## Partie 2 : Adaptation et paramétrage d'AMG pour la vigne

L'objet de ces travaux était de tester le modèle AMG sur des jeux de données d'essais de longue durée en parcelles viticoles. Dans un premier temps, il s'agissait d'évaluer les capacités du modèle à rendre compte de l'évolution des stocks de carbone organique en parcelle de vigne, sans apport de PRO (modalités témoins), et d'ajuster si nécessaire les paramètres liés aux apports de Corg dans le système par les organes aériens et racinaires des plantes. Puis, une seconde étape visait à optimiser le  $k_1$  des PRO épandus dans les modalités « avec PRO ».

Un seul essai de longue durée en parcelle viticole a pu être identifié et mobilisé pour les besoins de l'étude : essai de CHINON, conduit de 1977 à 2004, par R. Morlat (UR Vigne et Vins, INRA Angers). L'essai comportait 6 modalités de traitements : un témoin sans apport ; une modalité avec apport de bois de taille broyés ; 2 modalités avec apport de compost de fumier de bovins à doses de 10 ou de 20 t/ha/an ; 2 modalités avec apport de compost de champignonnières à doses de 8 ou de 16 t/ha/an. Les doses d'apport par les modalités « sarments » et les plus faibles doses de chacun des deux composts ont été calculées pour fournir au sol la même quantité de Corg par an.

L'approche permise sur l'essai de CHINON, en modalités sans apports de PRO montre que dans sa version actuelle, le modèle AMG permet de simuler de façon satisfaisante l'évolution des stocks de Corg en parcelle viticole. Ce résultat est cependant conditionné à la disponibilité, sur les parcelles à simuler, des données d'entrée du modèle relatives aux masses de carbone apportées par les organes aériens : nécessité de la mesure du poids de bois de taille et de l'estimation de la masse de feuilles restant sur les parcelles chaque année. Le  $k_1$  des sarments a pu être estimé de façon satisfaisante. En revanche, les résultats des optimisations des  $k_1$  des PRO utilisés dans les autres modalités ont conduit à des résultats peu cohérents. Cette difficulté peut éventuellement être mise en rapport avec des observations, faites par les expérimentateurs, d'une mauvaise évolution des PRO apportés, induisant même aux doses fortes, des effets négatifs sur la physiologie des plantes et sur la qualité des baies. La très forte variabilité des stocks de Corg observés au cours du temps, vraisemblablement liée à des variations des protocoles d'analyses du carbone au laboratoire est probablement aussi à prendre en compte. De plus, une analyse plus approfondie de l'influence de l'estimation d'un des paramètres du modèle (Rapport Corg actif/ Corg total du sol) serait nécessaire et reste à partager avec les équipes scientifiques spécialistes de cette question actuellement.

Livable : B. Caruel, 2013. Mémoire de stage, ESA Angers ; Encadrement : Agro-Transfert-RT, IFV

## Conclusions et perspectives

Les jeux de données d'essais de longue durée rassemblés dans le cadre de Réseau PRO dès 2011 ont permis de mobiliser le modèle AMG pour estimer les valeurs agronomiques « Carbone » de PRO utilisés en systèmes de grande culture et pour une première gamme de PRO urbains ou issus d'élevages. Ces travaux méritent aujourd'hui d'être poursuivis pour valoriser de nouvelles entrées réunies au cours du projet (en 2014) : il s'agira à la fois étendre potentiellement la gamme de PRO représentés pour parvenir à des valeurs validées des k1 dans cette liste élargie.

Dans le cas de la vigne, les travaux conduits ont permis de réunir et de valoriser un premier jeu de données d'essai offrant les résultats d'un suivi de l'évolution des stocks de carbone des sols sur une très longue durée. D'après cette première approche, le modèle AMG dans sa version actuelle permet de simuler de façon satisfaisante l'évolution des stocks de carbone organique en parcelles de vignes, mais son utilisation courante en parcelles viticoles implique la mesure de biomasses des sarments et des feuilles restant sur les parcelles. L'estimation des k1 des PRO utilisés dans cet essai s'est heurtée à des difficultés d'interprétation des résultats. Pour aboutir, elle suppose une évaluation plus poussée de l'influence de certains paramètres du modèle dans les conditions précises de cet essai, mais surtout, elle impliquerait la possibilité de recourir à d'autres jeux de données d'essais de moyen à long terme en parcelles viticoles avec apports de PRO qui permettrait d'en étendre la portée.

Le réseau de parcelles établi depuis 2009 par l'IFV, pour suivre l'évolution de l'état organique des sols prévoit de recueillir les données nécessaires pour mettre en œuvre le modèle AMG. Ces données continueront également à être intégrées progressivement à la base de données Réseau PRO, offrant les perspectives de poursuite de l'étude amorcée sur vigne dans le cadre du projet. Ces approches devraient être très utilement complétées à l'avenir par l'établissement d'une typologie opérationnelle des PRO.

## Références bibliographiques

- Andriulo A, Mary B, Guéris J (1999) Modelling soil carbon dynamics with various cropping sequences on the rolling pampas. *Agronomie*, 19: 365-377.
- Caruel, B., 2013. Développer les outils du conseil pour améliorer la gestion des matières organiques en viticulture. Mémoire Recherche et Innovation – 4eme année –ESA Angers.40 pages
- Duparque, A., JL Dinh et B. Mary. 2013. AMG: a simple SOC balance model used in France for decision support. International workshop SOMpatic Rauischholzhausen (Germany), November 20-22, 2013
- Goedtgheuluck K. 2014. Contribution au paramétrage du module PRO du modèle AMG. Rapport de stage 3ème année- Institut Lasalle Beauvais - 45 pages + Annexes.
- Jousseume, D., 2011. Evaluation des stocks de carbone dans les systems de culture incluant le recyclage des produits résiduaux organiques, paramétrage du modèle AMG. Mémoire de fin d'études Ingénieur - ESA Angers. 48 pages + annexes
- Lashermes G., Nicolardot B., Parnaudeau V., Thuriès L., Chaussod R., Guillotin M.L., Linères M., Mary B., Metzger L., Morvan T., Tricaud A., Villette C., Houot S., 2009. Indicator of potential residual carbon in soils after exogenous organic matter application. *European Journal of Soil Science*, 60, 297-310.
- Saffih-Hdadi K, Mary B (2008) Modelling consequences of straw residues export on soil organic carbon. *Soil Biology & Biochemistry*, 40: 594-607



## Colloque final du Réseau PRO (CasDAR/ADEME 2011-2014), 5 décembre 2014, Paris

### Prise en compte des produits résiduaire organiques dans l'outil de diagnostic des pertes azotées Syst'N®

Parnaudeau Virginie<sup>1</sup>, Cabanes Olivier<sup>1,2</sup>

(1) INRA, UMR SAS INRA –Agrocampus Ouest, 35042 Rennes

(2) ISARA, 69364 Lyon

Contact : [virginie.parnaudeau@rennes.inra.fr](mailto:virginie.parnaudeau@rennes.inra.fr)

#### Contexte, enjeux et objectifs

Syst'N est un outil destiné aux acteurs de l'agriculture pour leur permettre de réaliser le diagnostic des pertes d'azote des systèmes de cultures au sein de leur territoire. L'objectif premier du travail, principalement réalisé dans un stage M2 (ISARA) était d'évaluer la prise en compte des produits résiduaire organiques par l'outil Syst'N, et éventuellement d'améliorer le paramétrage du formalisme de la minéralisation de certains de ces produits résiduaire organiques. Le second objectif était de qualifier la précision du modèle, au regard des objectifs de l'outil Syst'N (usage par des conseillers pour comparer des systèmes de culture notamment).

#### Matériels et méthodes / démarche

Syst'N inclut un simulateur : c'est un modèle dynamique du cycle de l'azote qui simule les flux d'azote dans le système sol-plante-atmosphère et les pertes en azote des systèmes de culture. Des données expérimentales issues du projet « Réseau PRO » ont été utilisées pour réaliser l'évaluation de la prise en compte de ces PRO par le modèle inclus dans Syst'N. Les produits résiduaire organiques retenus pour l'évaluation ont été le fumier de bovins et le lisier de porcs. Treize essais ont été sélectionnés initialement pour évaluer l'outil, cinq ont été analysés de façon plus approfondie pour mieux comprendre les résultats générés par Syst'N. Pour évaluer l'erreur du modèle, des représentations graphiques et des indicateurs ont été utilisés.

#### Résultats / acquis / livrables

Les évaluations avec les traitements témoin ont tout d'abord permis de déceler une erreur dans la modélisation de la minéralisation de la MO des sols, qui a pu être corrigée. Les résultats ont ensuite montré que la qualité des simulations des effets du fumier de bovins et du lisier de porcs présentait une grande variabilité d'un essai à l'autre et pour un même essai, d'une année à l'autre, et aucun biais systématique n'a pu être mis en évidence. En effet, les écarts simulés-observés semblent être en premier lieu dus à la modélisation de la minéralisation de la MOS et à l'absorption de N par les cultures. Ce travail n'a donc pas pu aboutir à une amélioration du paramétrage des PRO. Cependant, cette évaluation a permis de commencer à qualifier le modèle en termes de précision (écarts fréquents de l'ordre de 20 à 30 kgN/ha) et de donner des pistes en vue d'améliorer les performances du modèle.

#### Conclusions et perspectives

Le travail d'évaluation, d'amélioration et de qualification de l'outil sera poursuivi. Pour cela, la base de données du Réseau PRO est un outil précieux puisque sont présentes la plupart des informations nécessaires à Syst'N. Cependant, un « contact » pour les différents essais semble indispensable, pour préciser certaines informations sur les essais, aider à comprendre les résultats d'essai, voire corriger quelques erreurs qui demeurent dans la base.



## Colloque final du Réseau PRO (CasDAR/ADEME 2011-2014), 5 décembre 2014, Paris

### Analyse des besoins du terrain sur l'acquisition de nouvelles références sur les effets agronomiques et environnementaux de l'épandage des produits résiduaux organiques en Alsace.

Bodet Cécile, Schaub Anne<sup>1</sup>, Valentin Nathalie<sup>2</sup>, Lollier Marc<sup>3</sup>

- (1) Association pour la Relance Agronomique en Alsace ARAA – 2 rue de Rome BP 30022 Schiltigheim 67 013 STRASBOURG  
(2) Syndicat Mixte Recyclage Agricole du Haut-Rhin SMRA68 – Biopôle 2 allée de Herrlisheim 68 000 Colmar  
(3) Université de Haute Alsace – Biopôle rue d'Herrlisheim 68 000 Colmar

Contacts : [a.schaub@alsace.chambagri.fr](mailto:a.schaub@alsace.chambagri.fr), [cecile.bodet@sarthe.chambagri.fr](mailto:cecile.bodet@sarthe.chambagri.fr), [n.valentin@smra68.net](mailto:n.valentin@smra68.net)

#### Contexte, enjeux et objectifs

Le contexte réglementaire, politique et économique (énergie) autour des filières de recyclage agricole des PRO évolue à différents niveaux, européen, national et local, encourageant les pratiques de recyclage agricole des Produits Résiduaux Organiques (PRO). Une des questions fondamentales est de savoir si les utilisateurs et leurs conseillers possèdent suffisamment d'informations, de connaissances et de références pour valoriser, au mieux et de façon durable, ces produits sur les territoires. C'est notamment la recherche scientifique qui crée ces connaissances.

La nécessité pour la recherche de rester proche des préoccupations du terrain et de répondre aux attentes des acteurs est donc indispensable au maintien de la filière de recyclage agricole des PRO, à l'amélioration et au développement de leur utilisation.

En Alsace, l'utilisation des produits résiduaux d'origine non-agricole mobilise une part non-négligeable des surfaces arables (10 % de la SAU, hors surface viticole, reçoit des PRO d'origine non-agricole chaque année dans le Haut-Rhin). Les PRO d'origine agricole quant à eux mobilisent, en théorie, plus de 20 % de la SAU départementale.

L'objectif de cette étude est de recueillir les besoins en recherche, sur les effets agronomiques et environnementaux des PRO, exprimés par les acteurs du terrain.

#### Matériels et méthodes / démarche

Le travail a été réalisé de mars à août 2013, dans le cadre d'un stage de fin d'études de niveau Ingénieur. Pour recueillir les besoins et attentes du monde agricole, la méthode mise en œuvre a été l'enquête sociologique. L'enquête s'appuie sur des entretiens auprès de relais d'opinion : conseillers agricoles et organismes de recherche développement et transfert. L'enquête est de type qualitatif, puisqu'elle a pour but de recueillir l'ensemble des attentes sans notion de représentation statistique. Le guide d'entretien est de type semi-directif et constitué de questions ouvertes, afin de laisser la libre parole aux enquêtés et d'apprécier la spontanéité, l'intensité, l'urgence et la pertinence des questions et besoins exprimés par les personnes rencontrées sur différents thèmes.

L'échantillon a été constitué à partir de deux critères :

- Un critère technique : leurs connaissances sur les produits résiduaux organiques (compétences de l'organisme)
- Un critère descriptif : leur rôle auprès des agriculteurs et la proximité qu'ils entretiennent avec eux.

23 personnes ont été rencontrées lors de cette enquête en juin et juillet 2013. Elles sont réparties selon la figure ci-contre.

Pour l'analyse des résultats, chacune des questions et attentes formulées a été associée à un mot-clef. Les différents mots-clefs ont été hiérarchisés selon l'intensité des attentes et besoins exprimés par les enquêtés puis, regroupés par thème.

Les résultats obtenus auprès des relais d'opinion ont été validés par des enquêtes téléphoniques auprès d'une vingtaine d'agriculteurs.



Figure 1: Echantillonnage

## Résultats / acquis / livrables

Les besoins et attentes exprimés par les relais d'opinion touchent de nombreux sujets : de l'évaluation économique à la biodiversité, de l'effet azoté au stockage de carbone, du risque de pertes sous forme de nitrates à l'intérêt de la mise en œuvre des procédés de traitements biologiques de la matière organique. La hiérarchisation des mots-clefs (nombre de questions et nombre de personnes ayant abordé le thème) montre une prévalence nette des questions relatives à la valeur fertilisante des PRO (tableau ci-contre).

Les questions portant sur les effets agronomiques (effets fertilisants, effets de la matière organique, biodiversité, etc.) devançant celles portant sur les effets négatifs éventuels de ces produits (pollution par les nitrates, polluants émergents, gaz à effet de serre, éléments traces métalliques, etc.).

Des fiches thématiques ont été rédigées sur les principaux sujets. Elles présentent les questions sous-jacentes, les acteurs ayant exprimé des besoins sur le thème, des critères de pertinence, urgence et intensité. Ces fiches sont un outil à destination des acteurs de la recherche et des organismes de transfert des connaissances.

Intensité (* à ****)	Mots-clefs (classés par intensité)
****	Fertilité chimique – Effet engrais
***	Effet amendement organique, quantité et qualité de la matière organique
**	Variabilité dans les effets et dans la composition
**	Effets sur le rendement
**	Nouveaux produits résiduels
**	Polluants émergents
**	Valeur économique ou éléments de raisonnement économique
**	Pertes en nitrates
*	Éléments traces métalliques
*	Procédés de traitements biologiques et physiques (des produits résiduels)
*	Composition des produits résiduels
*	Autres polluants / pollution ou effets négatifs
*	Gaz à effet de serre
*	Autre effet agronomique ou effet positif sur l'environnement
*	Biodiversité

Tableau 1: Classement des besoins exprimés selon l'intensité

## Conclusions et perspectives

Pour un certain nombre de sujets, la recherche possède des références ou met actuellement en œuvre des solutions pour l'acquisition de nouvelles connaissances. L'organisation de la recherche à travers les réseaux est un élément majeur pour la synergie et la complémentarité des recherches.

Les futurs travaux à mettre en œuvre sont, d'une part, de créer des références sur les sujets « nouveaux » : digestats de méthanisation, polluants émergents, gaz à effet de serre. D'autre part, il convient de clarifier, consolider et communiquer les références déjà acquises en particulier à travers les réseaux de recherche : capitalisation, synergie entre les recherches, par exemple via une typologie des PRO et grâce à un travail important de transfert des connaissances aux utilisateurs et à leurs accompagnateurs). Une meilleure communication entre recherche et terrain est nécessaire. Cette communication doit être bilatérale, concrète et interactive (échanges).