

Réseau PRO : Création d'un réseau d'essais au champ et d'un outil de mutualisation des données pour l'étude de la valeur agronomique et des impacts environnementaux et sanitaires des Produits Résiduaire Organiques (PRO) recyclés en agriculture.

Fabienne Butler, (fabienne.butler@acta.asso.fr), Aurélia Michaud (amichaud@grignon.inra.fr).

Introduction

Cet article présente le projet "Réseau PRO", cofinancé par le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (programme CasDAR) et l'ADEME. Il débute le 1^{er} janvier 2011 pour une durée de 3 ans, et s'inscrit dans le cadre du RMT Fertilisation & Environnement et du RMT Quasaprove. L'organisme chef de fil en est l'ACTA, avec Fabienne Butler comme chef de projet et Aurélia Michaud, de l'INRA, comme chef de projet adjoint.

Les partenaires techniques impliqués dans la réalisation du projet (destinataires de financements CasDAR) sont nombreux : ACTA, Agro-Transfert Ressources et Territoires (Agro-Transfert-RT), APCA, ARAA, ARVALIS Institut du végétal, CETIOM, Chambres d'agriculture (Ardenne, Bretagne, Drôme), CIRAD (Réunion), EPN Rambouillet, IFV, INRA (Arras, Rennes), INRA-AgroParisTech (EGC), ITAB, ITB, LDAR, PHALIPPOU-FRAYSSINET, SAS Laboratoire, TRAME (Associations des agriculteurs composteurs de France et méthaniseurs de France - ACF et AAMF), VetAgro Sup. D'autres partenaires techniques (hors financements CasDAR) participent également au projet : Chambres d'Agriculture associées à l'IFV et l'ITAB, CTIFL (SERAIL), GRAB, INRA (Bordeaux, Laon, Reims), SMRA Haut-Rhin (SMRA68), Terrial - Groupe Glon Sanders, Veolia Environnement R&I. Le comité de pilotage du projet réunit des représentants des RMT Fertilisation & Environnement et Quasaprove, COMIFER, ADEME, MAAP, MEEDDAT, RITMO, AFSSA.

Situation actuelle du projet - Etat des connaissances

Aujourd'hui 330 millions de tonnes de PRO sont recyclés chaque année en agriculture (Houot, 2008). Ils proviennent en premier lieu de l'activité agricole (effluents d'élevage bruts et co-produits issus du traitement : 300 millions de tonnes), des collectivités (boues résiduaire, composts issus du traitement biologique des déchets municipaux, digestats de méthanisation : 7 millions de tonnes) et des industries (agro-alimentaires, papetières, etc. : 23 millions de tonnes). Traditionnellement, les effluents d'élevage et d'autres matières organiques (MO) résiduaire ont ainsi été épandus au champ pour bénéficier de leur valeur amendante et/ou fertilisante (apports de MO, Ca, N, P et K). Aujourd'hui, les modes de valorisation et/ou de traitement des déchets se développent et se diversifient (méthanisation, compostage, etc.). C'est pourquoi il devient important de connaître la nature des produits à épandre et leurs effets après épandage si l'on veut pérenniser la filière et optimiser l'utilisation des PRO en fonction des caractéristiques des cultures et des sols. Il s'avère même nécessaire de recycler les éléments fertilisants contenus dans ces PRO afin de diminuer l'empreinte écologique des cultures et diminuer l'utilisation d'engrais d'origine minérale.

Le contexte réglementaire national (Grenelle de l'Environnement, 2007) et européen (nouvelle Directive Cadre Déchets 2008/98/CE) tend à favoriser la valorisation des déchets organiques, le retour au sol des MO issues de déchets étant une voie majeure de valorisation, y compris à l'issue de filières énergétiques (méthanisation) au travers de la valorisation agronomique des digestats. Le sol est par ailleurs considéré comme une ressource non renouvelable qu'il faut protéger. Il est soumis à différentes menaces de dégradation, notamment la perte de matière organique (CE, 2002). Le retour au sol de PRO pourrait être un moyen de pallier ces pertes de MO des sols et la meilleure alternative au niveau économique, énergétique et environnemental à d'autres filières de traitement. Cependant, il convient de définir précisément les modalités d'utilisation des PRO en agriculture afin d'assurer un recyclage optimal de la MO et des éléments fertilisants apportés au sol, tout en maîtrisant les impacts environnementaux et sanitaires.

La valeur agronomique a été établie pour un grand nombre de PRO. Les PRO présentent une grande variabilité de nature et de composition et donc de valeur fertilisante/amendante, liée à la diversité des dynamiques d'évolution dans le sol, en particulier de libération des éléments fertilisants. Certains produits présentent en outre une valeur agronomique mal connue (digestats, produits en cours de normalisation). Le premier risque généré par l'apport de PRO en agriculture est ainsi dû aux mauvaises maîtrise et gestion des valeurs fertilisantes des PRO. En modifiant le fonctionnement des cycles biogéochimiques des éléments majeurs (C, N, P et K), les apports de PRO sur les sols peuvent induire des risques de surfertilisation azotée et phosphatée, stimuler les émissions de gaz à effet de serre (N₂O, NO...) et la volatilisation ammoniacale.

En outre, les PRO peuvent être vecteurs de micropolluants, de pathogènes et d'inertes. Les flux de polluants apportés au sol lors de chaque apport étant en général faibles, peu ou pas d'impacts ont été observés pour les ETM et composés traces organiques (CTO) réglementaires (NFU 44-051 et 44-095). Il se pose néanmoins la

question de leurs effets cumulés dans le temps après répétition des apports, comme c'est le cas pour les pratiques agricoles courantes. Des interrogations sont également soulevées au sujet de l'apport éventuel de nouveaux contaminants (produits pharmaceutiques, phtalates, ...) et de pathogènes. Les risques de transferts sol-plante, sol-eau, sol-atmosphère et la dynamique de ces contaminants (mobilité/disponibilité/biodisponibilité), les flux éventuels de pathogènes apportés et le devenir des résidus médicamenteux potentiellement contenus dans les PRO demeurent des questions qui vont croissant et auxquelles il faut apporter des réponses, à l'instar des essais conduits dans le RMT Quasaprove. Il reste par ailleurs nécessaire de définir les meilleurs outils à utiliser pour mesurer et prévoir ces effets potentiels des contaminants, notamment leur (bio)disponibilité pour les organismes telluriques et les cultures, et les risques de transfert vers les eaux. Au vu de ces risques potentiels, le recyclage agricole des PRO suscite des inquiétudes qui se renouvellent sans cesse, exacerbées par des crises agricoles comme des cas de pollution élevée des sols dus à de mauvaises pratiques passées (épandages d'eaux résiduelles non traitées, de boues contaminées...) ou les marées vertes en Bretagne.

Le développement de la filière du recyclage agricole des PRO ne pourra donc se faire que sur la base (i) de connaissances scientifiques précises permettant de répondre aux interrogations sur les effets à court et long terme, positifs et négatifs, du recyclage agricole de PRO en particulier sur les propriétés et la qualité des sols et la qualité sanitaire des cultures et (ii) du développement d'outils de gestion de leur valeur agronomique et d'évaluation d'impacts environnementaux testés dans différentes situations (agro-pédo-climatiques et PRO). Différents travaux passés ou en cours ont été entrepris pour étudier les effets de cette utilisation de PRO en agriculture et des outils de gestion développés pour optimiser la fertilisation des cultures prennent en compte les connaissances actuelles en matière de valeurs fertilisantes et amendantes des PRO (AzoFert®, RegiFert™, AMG). Des synthèses bibliographiques ont par ailleurs recensé les impacts environnementaux liés au traitement biologique et à la valorisation agronomique de certains PRO ainsi que les effets des apports de matière organique via les épandages de PRO sur les propriétés des sols (ADEME, 2005 a et b). Des typologies ont également été initiées sur la base de la valeur agronomique et des caractéristiques physico-chimiques de la MO pour certaines familles de PRO (Guivarch, 2001 ; Parnaudeau et al., 2004, 2006 ; Morvan et al., 2006, Lashermes et al., 2007, 2009, 2010).

Etant donné la grande variabilité des PRO et le coût des expérimentations de terrain (humain et financier), des indicateurs de laboratoire génériques ont par ailleurs été développés pour caractériser les valeurs fertilisantes et amendantes des PRO, tels que l'ISMO¹ (Lashermes et al., 2009), les cinétiques de minéralisation et de libération de N et C (AFNOR XP U44-163), l'effet alcalinisant par incubation, les extractants chimiques visant à déterminer la disponibilité de certains éléments nutritifs et/ou de contaminants (ex. P Olsen, EDTA et CaCl₂ pour les ETM). Toutefois, la pertinence de ces indicateurs et leur domaine de validité doivent être vérifiés avec des données homogènes, comparables, fiables et acquises au champ dans différentes situations agro-pédo-climatiques.

En outre, de nombreux essais au champ ont été implantés par différentes structures (chambres d'agriculture, instituts techniques, INRA, lycées agricoles, coopératives...), principalement pour les boues et les effluents d'élevage, historiquement utilisés en agriculture. Ces essais sont souvent conduits à court-moyen terme, sur des aspects spécifiques liés à un type de PRO apporté (ex. valeur azotée, transfert sol-plante des ETM) à des fins de démonstration, d'acquisition de référence régionale ou de confirmation des effets attendus d'un produit. Certains essais au champ de plus longue durée ont été recensés (ADEME, 2001). Sur la base de ces essais, une synthèse de l'évaluation des transferts des ETM vers les plantes récoltées en cas d'apport de différents PRO a été tentée (Pinet et al., 2003). Les conclusions de ces études ont mis en exergue le manque d'harmonisation des méthodes employées sur les essais rendant difficile l'exploitation des résultats.

Un guide méthodologique sur la conduite des essais au champ a également été publié par le COMIFER, le guide RAPONA (2000). Celui-ci avait été conçu pour des techniciens et conseillers des missions de valorisation des déchets en vue de leur apporter un certain nombre de consignes générales et génériques sur les expérimentations au champ sans apporter les informations opérationnelles requises pour conduire un essai ni de méthodes de référence (protocoles et modes opératoires) adaptées à différents thèmes étudiés au champ. Ce guide n'avait d'ailleurs pas pour objectif d'harmoniser les protocoles d'essais ni de permettre la mutualisation des données. Ainsi, les approches dans les différents essais n'ont pas été conduites de façon coordonnée entre les régions françaises utilisatrices de PRO d'origine urbaine/industrielle et des effluents d'élevage. En outre, le manque d'harmonisation des protocoles d'essais a rendu difficile la comparaison des résultats et leur mise en perspective par rapport aux caractéristiques et à l'origine des PRO, et, n'a pas permis *in fine* de valider des outils de gestion, des modèles prévisionnels et des indicateurs de laboratoire opérationnels sur un jeu de données cohérent au niveau national et représentatif des pratiques régionales.

Ces différents travaux et l'organisation régulière de journées techniques sur le recyclage agricole des PRO (Colloque ADEME, 2004 ; Journées nationales des missions déchets, APCA ; L'utilisation des produits organiques, COMIFER – Académie d'Agriculture, 2009) témoignent des enjeux d'une telle pratique, des questions soulevées et des besoins de références et d'outils de gestion développés à partir de données homogènes acquises dans des situations représentatives des pratiques agricoles. D'ailleurs, la journée technique de Colmar (2007), qui avait pour vocation de faire une première synthèse et restitution des résultats acquis sur les sites de longue durée, a souligné

¹ Indice de Stabilité de la Matière Organique

l'importance d'implanter (i) un réseau de quelques sites expérimentaux d'observations détaillées et de longue durée (SOERE PRO²) pour effectuer un bilan à l'échelle de la parcelle des entrées/sorties des éléments (fertilisants, contaminants), développer des modèles prévisionnels et hiérarchiser les risques, mais également (ii) un réseau de sites d'observations moins détaillées et de plus courte durée pour accroître la diversité des situations testées (contextes pédo-climatiques, systèmes de cultures et PRO) et obtenir des références régionales. Il a par ailleurs été souligné l'importance de pouvoir mutualiser les résultats de différents essais pour apporter des réponses plus génériques à des questions posées tout en gardant la valeur de référence locale d'un essai et comprendre pourquoi des résultats peuvent être en apparence contradictoires si lus au travers de grilles d'interprétation différentes. Cette mutualisation et interprétation des résultats des essais au champ passe par l'harmonisation des méthodes et s'intègre justement dans le cadre du projet de réseau PRO présenté ici.

Les objectifs du projet

Les objectifs du projet de réseau PRO sont de :

1. Définir et lister les principales questions liées aux apports de Produits Résiduaux Organiques (PRO) d'origine agricole, urbaine et industrielle et nécessitant la mise en place d'essais au champ, puis proposer des protocoles et des modes opératoires types, afin d'harmoniser les démarches expérimentales en cours ou à venir étudiant les effets du recyclage agricole des PRO ; Effectuer ce travail de définition des méthodes types pour les analyses en laboratoire visant à évaluer l'efficacité agronomique et l'innocuité des PRO ;
2. Mutualiser au niveau national dans deux bases de données, les données obtenues sur des essais de plein champ d'une part et les caractéristiques analytiques des produits épandus ;
3. Effectuer une analyse critique des résultats collectés ;
4. Consolider les outils de gestion de la fertilisation et de diagnostic environnemental, notamment ceux du RMT Fertilisation et Environnement, 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.
5. Constituer un groupe de réflexion pour orienter les programmes expérimentaux sur les PRO via une hiérarchisation des thématiques à étudier en fonction de l'état des connaissances et des enjeux agronomiques, économiques et environnementaux ;
6. Diffuser les connaissances et résultats acquis auprès de la profession agricole.

Un programme de travail en 4 volets

Le présent projet repose sur un programme de travail divisé en 4 volets complémentaires et indissociables :

Volet 1. Définition des besoins et mise en place du cadre opérationnel du réseau :

Les travaux prévus dans ce volet sont :

- un travail d'inventaire et de synthèse de l'existant pour les essais au champ qui étudient les effets du recyclage agricole des PRO (essais conduits, protocoles, modes opératoires, bases de données) et les méthodes de caractérisation des PRO en fonction des effets recherchés au champ ;
- la définition des grandes questions nécessitant d'être étudiées, des références à acquérir en fonction du contexte agro-pédo-climatique et des méthodes de référence (protocoles types et modes opératoires) adaptées aux questions posées ; la proposition de mesures à effectuer via de nouvelles méthodes ;
- la rédaction d'un guide méthodologique sur les méthodes à mettre en œuvre pour étudier les effets du recyclage agricole des PRO (essais au champ et caractérisation des PRO) ;
- une analyse des besoins visant à compléter les manques et valider les outils d'aide à la décision suivants : outils du RMT Fertilisation et Environnement portant sur la gestion des cycles biogéochimiques des éléments minéraux (AzoFert®, RegiFert™ et Azosystem) ; modèle AMG simulant l'évolution à long terme du stock de carbone organique des sols cultivés et mobilisé en tant qu'outil de gestion du statut organique des sols ; grilles d'évaluation de risques de contamination (organique et minérale) des cultures du RMT Quasaprove ;
- une analyse des besoins et le développement des deux bases de données destinées à mutualiser les données et de l'interface Web gérant ces bases ;
- la rédaction du cahier des charges du réseau PRO permettant de valider l'intégration d'un essai au réseau PRO et d'assurer la coordination des essais et l'harmonisation des méthodes.

Volet 2. Mutualisation des données au niveau national au sein des bases de données

Le travail prévu dans ce volet est :

- la compilation des données des essais inventoriés dans le volet 1 et retenus pour être intégrés dans les bases de données, la validation des données à mutualiser ;
- la mutualisation et l'archivage au niveau national de données existantes et validées par le cahier des charges du réseau et des bases qui proviendront d'essais en place (antérieurs ou actuels), ou qui le seront à l'avenir ;
- un bilan des données disponibles et des références ou données manquantes nécessaires pour finaliser la validation des outils via la mise en place de nouveaux essais.

² L'INRA a mis en place un SOERE PRO (Système d'Observation et d'Expérimentation, sur le long terme, pour la Recherche en Environnement sur les Produits Résiduaux Organiques) qui est composé de sites de longue durée fortement instrumentés, étudiant précisément les mécanismes régissant le devenir des PRO à l'échelle de la parcelle et permettant d'effectuer des bilans et de développer des modèles prévisionnels des effets des épandages de PRO.

Volet 3. Synthèse des résultats et exploitation des données mutualisées

Les travaux conduits dans ce volet sont :

- des traitements statistiques (ex. méta-analyses) sur les données acquises par thématique ;
- l'analyse critique et un bilan synthétique des résultats mutualisés ;
- des compléments de synthèse à celles déjà réalisées sur certaines thématiques (effets N long terme...)
- l'alimentation des outils d'aide à la décision existants avec les données du réseau : validation (élargissement du domaine de validité) des outils de raisonnement de la fertilisation et d'évaluation des risques environnementaux portés par le RMT Fertilisation et Environnement et de l'outil de gestion du statut organique des sols AMG ; participation au développement de grilles d'évaluation de risques de contamination des cultures du RMT Quasaprove, voire de modèles prévisionnels de transfert sol-plante d'ETM ;

Volet 4. Diffusion et transfert des résultats, actions de formation

Le travail conduit dans ce volet aura pour but de valoriser les résultats obtenus dans les volets précédents par des actions de communication et de formation :

- diffusion des synthèses et du guide méthodologique (internet, édition) ;
- formations initiales pour des étudiants qui ont dans leur parcours des modules consacrés à la gestion et au traitement des déchets (ingénieurs, masters), sur la valorisation agricole des PRO ;
- formation continue à destination des conseillers de développement, des bureaux d'études impliqués dans le recyclage des PRO, des techniciens des organismes producteurs de PRO normalisés ou homologués (composteurs, méthaniseurs...) et des enseignants concernant l'utilisation du guide méthodologique et du cahier des charges du réseau permettant la mise en place d'essais dans le cadre du réseau PRO ; l'utilisation des données mutualisées et leur transfert vers des outils de gestion des conseillers (ex. Chambres d'Agriculture) ;
- colloque de restitution des résultats à la fin du projet en vue d'une large diffusion des résultats.

Les résultats attendus du projet

Les résultats attendus du projet seront :

- la définition des principales questions et des grands types d'effets liés aux apports de PRO et des méthodes de caractérisation des PRO adaptées aux effets recherchés au champ ;
- un inventaire et une synthèse (publiée) de l'existant sur les essais au champ étudiant le recyclage agricole des PRO et la caractérisation analytique des PRO ;
- un guide méthodologique opérationnel et exploitable par les professionnels pour la mise en place d'essais au champ par grands types de questions posées et pour la caractérisation analytique des PRO ;
- la mutualisation et la sauvegarde au niveau national dans deux bases de données (essais et caractéristiques analytiques des PRO) accessibles via une interface Web, des données acquises sur les essais en place et qui seront implantés à l'avenir par les partenaires du réseau ;
- l'exploitation et le transfert des données mutualisées : analyse critique des résultats et traitements statistiques sur les données, tests des bases de données puis intégration des résultats dans les outils de gestion de la fertilisation et du statut organique des sols, d'évaluation des impacts environnementaux (AMG, AzoFert®, Azosystem et RegiFert™) ; contribution au développement d'outils d'aide à la décision du RMT Quasaprove (grilles de décision, modèles prévisionnels de transfert sol-plante d'ETM) ;
- des actions de communication et de formation sur les acquis du projet à destination des acteurs majeurs de la filière de gestion des PRO (enseignement agricole, conseillers et techniciens agricoles, collectivités, agriculteurs).
- un document d'orientation des besoins de références sur les PRO.

Références

- ADEME, 2001, Inventaire national des essais agronomiques réalisés avec des matières organiques et minérales d'origines urbaine et industrielle.
- ADEME, 2005a, Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets, Bilan des connaissances.
- ADEME, 2005b, Effet sur le sol et le stockage du carbone des apports de matières organiques issues de déchets
- Guide méthodologique pour l'expérimentation au champ – Valeur agronomique des produits d'origine non agricole recyclés en agriculture (PONARA), 2000, COMIFER – ACTA.
- Guivarch A, 2001, Valeur fertilisante à court terme du phosphore des boues de stations d'épuration urbaines. Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Lorraine, 274 p..
- Houot, 2008, Recyclage de déchets sur les sols : valeur agronomique et impacts environnementaux. Dans « Sols et Environnement » de Girard MC et al., Dunod.
- Lashermes G, Houot S, Nicolardot B, Mary B, Parnaudeau V, Morvan T, Linères M, Chaussod R, Metzger L, Thuriès L, Villette C, Tricaud A, Guillotin ML, 2007, Apport de matières organiques exogènes en agriculture : indicateur de potentialité de stockage de carbone dans les sols et définition de classes de disponibilité d'azote. Rapport final, Convention ADEME-INRA-RITMO, Phalippou-Frayssinet SAS.
- Lashermes G, Nicolardot B, Parnaudeau V, Thuriès L, Chaussod R, Guillotin ML, Linères M, Mary B, Metzger L, Morvan T, Tricaud A, Villette Cn Houot S, 2009, Indicator of potential residual carbon in soils after exogenous organic matter application. Eur J. Soil Sci. 60, 297–310.
- Lashermes G, Nicolardot B, Parnaudeau V, Thuriès L, Chaussod R, Guillotin ML, Linères M, Mary B, Metzger L, Morvan T, Tricaud A, Villette Cn Houot S, 2010, Typology of exogenous organic matters based on chemical and biochemical composition to predict potential nitrogen mineralization. Bioresource Technology 101, 157–164.
- Morvan T, Nicolardot B, Péan L, 2006, Biochemical composition and kinetics of C and N mineralization of animal wastes: a typological approach. Biology and fertility of soils 42: 513-522.
- Parnaudeau V, Nicolardot B, Pagès J, 2004, Relevance of organic fractions as predictors of wastewater sludge mineralization in soils. Journal of Environmental Qual. 33: 1885-1894.
- Parnaudeau V, Nicolardot B, Robert P, Alavoine G, Pagès J, Duchiron F, 2006, Organic matter characteristics of food processing industry wastewaters affecting their C and N mineralization in soil incubation. Bioresource technology 97: 1284-1295.
- Pinet C, Lecomte J, Vimont V, Auburtin G, 2003, Teneurs des plantes à vocation alimentaire en éléments traces métalliques suite à l'épandage de déchets organiques, Synthèse d'essais agronomiques français et modélisation des transferts sol-plante. CNAM - IHIE Ouest.
- Retour au sol des produits résiduels organiques, Des essais au champ de longue durée : intérêt d'un réseau, 2007, Actes Journée Technique ADEME-SMRA68-INRA, Colmar, <http://www-egc.grignon.inra.fr/pages-fr/ressources/actes%20colloque%2027nov-2.pdf>.
- Saffih-Hdadi K. and B. Mary, 2008. Modeling consequences of straw residues export on soil organic carbon. Soil Biology and Biochemistry, 40, 594-607.