

# Réseau PRO : analyse du contexte national de l'expérimentation au champ portant sur les effets agronomiques, environnementaux et sanitaires des produits résiduaux organiques recyclés en agriculture.

Bell Alix<sup>1\*</sup>, Michaud Aurélia<sup>1</sup>, Heurtaux Mathilde<sup>2</sup>, Houot Sabine<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA, UMR INRA – AGROPARISTECH Environment & Arable Crops, 78850 Thiverval-Grignon,

<sup>2</sup> ACTA, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex

La nature des produits résiduaux organiques (PRO) recyclés en agriculture et leurs effets après apport au sol peuvent varier selon leur origine (urbaine, agricole, industrielle, etc.) et les traitements appliqués (compostage, méthanisation, déshydratation, ...). En France de nombreux essais au champ ont été mis en place par différents organismes (instituts de recherche, instituts techniques, chambres d'agriculture, etc.) dans le but d'évaluer la valeur agronomique et les impacts des PRO recyclés en agriculture. Ces essais ont été mis en place pour une grande diversité de PRO, dans différents contextes pédoclimatiques et différents agrosystèmes. Le projet Réseau PRO, débuté en 2011, implique la collaboration de professionnels en lien avec le recyclage des PRO. Les objectifs de ce projet sont de partager (i) des méthodes d'étude du recyclage des PRO et (ii) les données d'un grand nombre d'essais mis en place en France. Avant la mutualisation de ces données dans le système d'information du Réseau PRO, un des premiers objectifs du projet a été d'inventorier l'ensemble des essais conduits au champ, les méthodes mises en place pour le suivi des différents compartiments, les analyses et méthodes d'analyse, leurs objectifs et thématiques d'étude.

L'étude présentée ici vise à (i) synthétiser les résultats de l'inventaire national des essais conduits au champ testant les effets du recyclage des PRO, (ii) mettre en exergue les principaux sujets et contextes étudiés ainsi que les besoins de références identifiés pour certains PRO, contextes agropédoclimatiques ou certaines thématiques.

## Matériel et méthodes

Le support d'enquête ayant permis d'inventorier les essais était un fichier Excel comprenant différents onglets permettant de décrire le contexte et le dispositif d'étude de chaque essai : contexte et informations générales (localisation, date de début, thématique d'étude, etc.), historique de la parcelle agricole et caractéristiques du sol, dispositif expérimental, compartiments suivis, mesures / analyses et méthodes d'analyses effectuées, et éventuellement informations concernant les bases de données associées aux essais.

Les données des essais recensés qui seront mutualisées pour le Réseau PRO sont en cours de mise en forme et seront stockées dans la base de données du Réseau PRO.

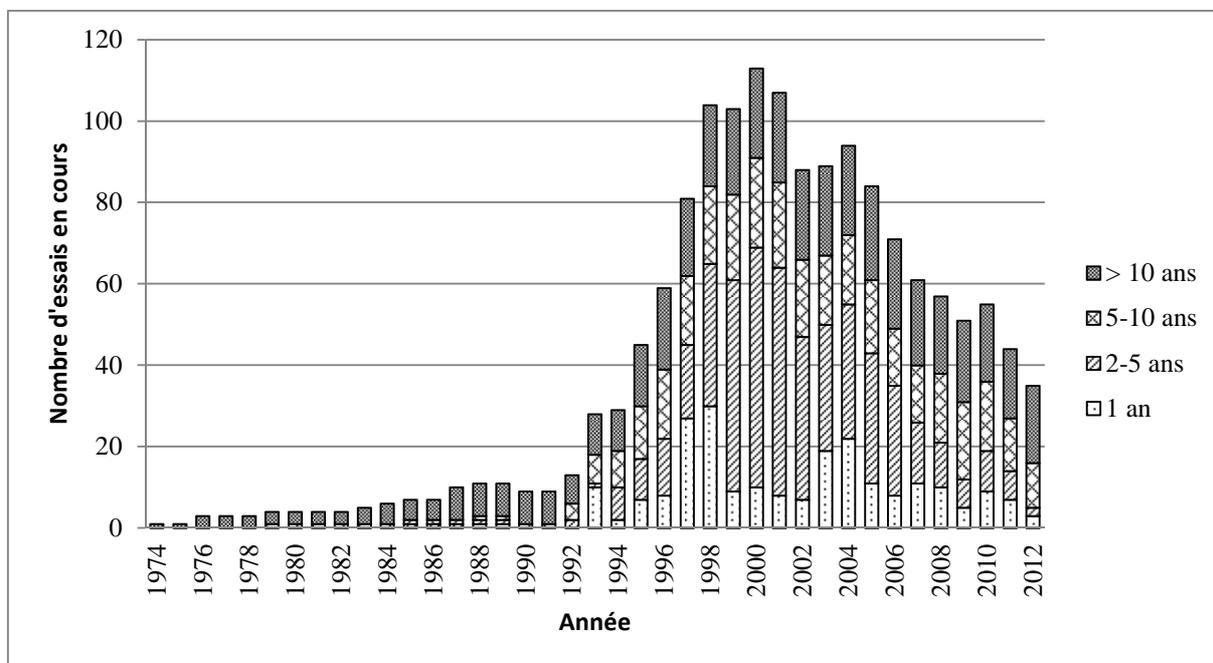
L'enquête ciblait les essais présentant divers types de dispositif (bandes, blocs, split-plot, etc.) avec des répétitions de traitement ou non, de durées variables et conduits en agriculture biologique ou conventionnelle. Elle a été envoyée à tous les organismes impliqués dans l'étude du recyclage des PRO en agriculture (instituts de recherche, instituts techniques, chambres d'agriculture ou acteurs de l'industrie de valorisation des PRO). Des statistiques descriptives ont été effectuées sur les résultats de cet inventaire. Les principaux sont présentés ci-dessous.

## Résultats

### Données générales

Un total de 437 essais au champ a été recensé. Ces essais ont été conduits entre 1974 et 2012. Seuls 35 d'entre eux étaient encore en cours en 2012. La durée moyenne d'un essai est de 2 ans. La figure 1 présente le nombre d'essais enregistrés en cours par année et répartis selon 3 classes de durée totale d'essai.

On constate que le nombre de dispositifs expérimentaux a augmenté de façon remarquable entre 1992 et 2000 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.



**Figure 1 :** Evolution du nombre d'essais en cours par an et répartition selon leur durée entre 1974 et 2012

La plupart des essais dénombrés ont été conduits en grandes cultures (58 % des essais), avec principalement des cultures de blé, de maïs et de colza. L'arboriculture fruitière, la sylviculture, la viticulture, les prairies et les cultures légumières ont été étudiés sur un nombre plus restreint d'essais (chacun de ces types de culture étant étudiés sur moins de 7 % des essais recensés). L'enquête a montré que l'origine des PRO testés dépend du type de cultures étudiés : par exemple, près de 98 % des essais conduits sur des prairies étudiaient les effets de l'épandage d'effluents d'élevage et la totalité des essais conduits en sylviculture étudiaient les effets de PRO urbains/industriels.

### **PRO étudiés**

Les terminologies employées pour nommer et décrire les PRO étudiés sur les essais sont très diverses d'un essai à l'autre et ce, même si les PRO étudiés sont similaires. Une méthode de classement et de descriptions des PRO, réalisée dans le cadre du Réseau PRO [2], a donc été utilisée afin d'exploiter les résultats du recensement. Cette méthode a pour objectif de classer et décrire les PRO épandus à l'échelle nationale en différentes catégories d'origine des matières entrantes du PRO et de traitements appliqués au PRO. On distingue donc 4 classes d'origine de PRO : PRO urbains/industriels, PRO issus d'élevage, PRO d'origine végétale ou animale autres et PRO d'origine mixte (PRO contenant en mélange des matières issues d'au moins 2 des 3 premières origines). Ces 4 classes sont subdivisées en « grands types » de PRO définis en fonction du traitement appliqué ou non sur le PRO (voir tableau 1).

En moyenne, un minimum de 2 PRO sont comparés sur les essais, qu'ils soient de la même origine ou non. Près de 60 % des essais étudient des PRO urbains/industriels, 40 % des PRO issus d'élevage, 18 % des PRO d'origine végétale ou animale et 18 % des PRO mixtes. Le tableau 1 présente les « grands types » de PRO étudiés pour chacune de ces 4 origines.

La majorité des PRO étudiés sont des effluents d'élevage dits « non traités » (désigne les effluents d'élevage qui n'ont été ni méthanisés ni compostés) et des boues urbaines/industrielles : ces PRO sont étudiés respectivement sur 36 % et 28 % des essais recensés (tableau 1).

Toutes origines confondues, les digestats de méthanisation ne sont étudiés que dans 2 % des cas. Comme attendu, une grande diversité de matières entrantes compose les PRO étudiés : environ 80 matières entrantes différentes ont été listées. La plupart de ces matières entrantes sont issues d'élevage et sont d'origine urbaine/industrielle : 18 % des matières entrantes listées sont des boues de station d'épuration, 9 % des fumiers de bovins, 7 % de la farine de plumes, 7 % des déchets verts et 7 % des fientes de volailles. Le nombre important d'essais conduits en agriculture biologique (27 % du nombre total des essais recensés) et la particularité des PRO testés pour ce mode de conduite peut expliquer cette grande diversité de matières entrantes enregistrées.

**Tableau 1** : Pourcentage d'essais étudiant les différents grands types de PRO

Origine des PRO testés	Grand type de PRO testés	Pourcentage des essais
Urbaine ou industrielle	Boue urbaine ou industrielle	28 %
	Sous-produit agro-industriel	19 %
	Compost urbain ou industriel	17 %
	Digestat urbain ou industriel	0,2 %
Elevage	Effluent d'élevage « non traité »	36 %
	Compost d'effluent d'élevage	14 %
	Digestat d'effluent d'élevage	0,2 %
Animale ou végétale autre	Matière organique animale	13 %
	Matière organique végétale	5 %
	Compost de matière organique végétale ou animale	2 %
Mixte	Matières organiques d'origine différente en mélange	11,9 %
	Compost de matières organiques mixtes	6 %
	Digestat de matières organiques mixtes	0,9%

### Thématiques et facteurs étudiés

L'enquête a permis de distinguer 11 thématiques d'études rencontrées sur les essais. Une ou plusieurs thématiques peuvent être étudiées sur le même essai. Cinq de ces thématiques concernent les effets agronomiques des PRO : effets fertilisant azote, effets fertilisants « P-K-Mg-S », effets sur la matière organique du sol, sur le pH du sol et effets physiques sur le sol. Trois thématiques portent sur les aspects environnementaux et sanitaires : éléments traces métalliques, composants traces organiques et pathogènes. Les trois dernières thématiques abordent des aspects socio-économiques : qualité des productions, services écosystémiques et impacts économiques. La distribution des essais étudiant ces thématiques est présentée dans le tableau 2.

**Tableau 2** : Pourcentage d'essais étudiant les différentes thématiques

Thématique d'étude	Pourcentage d'essais étudiant la thématique
Effets azote	90 %
<i>Effets à court terme (<math>\leq</math> un an)</i>	54 %
<i>Effets à moyen terme (1 à 3 ans)</i>	14 %
<i>Effets à long terme (<math>\geq</math> 3 ans)</i>	17 %
Effets fertilisants P, K, Mg, S	35 %
Effets amendant MO	19 %
Effets physiques sur le sol	10 %
Effets amendant pH	13 %
Devenir des éléments traces métalliques (ETM)	21 %
Devenir des composés traces organiques (CTO)	6 %
Pathogènes	2 %
Qualité des productions	27 %
Services écosystémiques	5 %
Impacts économiques	9 %

Les résultats montrent sans surprise que les effets fertilisants azotés des PRO intéressent la majorité des essais recensés (90 % des essais), en particulier les effets à court terme (54 %). Les effets fertilisants « P-K-Mg-S » sont quant à eux étudiés sur 35 % des essais. Le regroupement de ces 4 éléments fertilisants sous une seule thématique n'a pas permis de distinguer l'étude effective de chacun de ces nutriments. Les effets sur le pH, la matière organique du sol et les effets physiques ont généralement été étudiés simultanément sur les mêmes essais, mais moins fréquemment que les 2 thématiques précédentes (respectivement sur 19, 13 et 10 % des essais). Les thématiques portant sur les effets environnementaux et sanitaires et sur les impacts socio-économiques des PRO sont moins suivies. En effets, le suivi des CTO, des ETM et des pathogènes ainsi que les services écosystémiques sont étudiés sur moins de 10 % des essais. On notera que les contaminants étudiés sont ceux mentionnés dans les normes françaises (NF U 44-095, NF U 44-051).

Si l'on regarde les thématiques étudiées en fonction des grands types de PRO testés, il est intéressant de noter que certaines thématiques sont associées à certains grands types de PRO. Par exemple, toutes origines de PRO confondues, les PRO compostés sont testés sur des essais abordant les effets fertilisants « P-K-Mg-S », les effets amendants MO et les effets physiques sur le sol (respectivement 49 %, 38 % et 28 % des essais étudiant ce type de PRO). Le choix de ces thématiques, en particulier celle concernant les effets amendants, peut s'expliquer du fait des effets attendus suite à l'apport de compost au sol. D'autre part, les essais dont les PRO étudiés comprennent des PRO d'origine urbaine/industrielle, effets fertilisant azotés mis à part, étudient principalement

les effets fertilisants « P-K-Mg-S » et le devenir des ETM (respectivement 34 et 31 % des essais). Dans ce cas, le choix de ces thématiques est certainement en lien avec l'origine elle-même des PRO étudiés. L'inventaire a également permis de mettre en évidence différentes tendances et évolutions d'objectifs depuis 1974. Entre 1974 et 2012, le nombre d'essais portant sur les effets fertilisants azotés oscillent entre 80 et 100 %. A partir des années 1990, l'inventaire montre que les thématiques socio-économiques (qualité des productions et impacts économiques) et que l'étude des effets amendants pH sont étudiés de plus en plus sans pour autant dépasser 30 % des essais par an. Au cours des années 1990, il semble également que les PRO d'origines végétales ou animales autres (telles que farines de plumes, algues, etc.) deviennent une nouvelle catégorie de PRO étudiés sur les essais, en particulier sur des conduites en agriculture biologique. Or c'est durant cette même période que l'agriculture biologique est reconnue sur le plan institutionnel en France, entraînant donc un besoin de références sur les PRO épandus dans les systèmes culturaux biologiques.

Si l'on s'intéresse maintenant aux facteurs étudiés, quels que soient les thématiques et les PRO étudiés, les plus rencontrés sont la nature même des PRO (facteur étudié sur 73 % des essais) et la dose d'apport des PRO (35 %). Pour ces 2 facteurs d'étude, plusieurs niveaux (ou modalités) sont comparés afin d'évaluer leurs effets principalement sur les apports fertilisants N, et « P-K-Mg-S » (respectivement 91 et 40 % des essais étudiant le facteur « Nature du PRO » et 93 et 32 % des essais étudiant les effets de différentes doses d'apport du PRO). D'autres facteurs tels que le fractionnement de l'apport organique est étudié dans moins de 6 % des cas. Ce facteur est en fait la combinaison de 4 facteurs, l'objectif étant de comparer différentes stratégies de fertilisation des cultures en restant au plus près des besoins de la plante : nombre d'apports organiques, nature du PRO, période d'apport et dose d'apport. Cette combinaison est particulièrement étudiée sur les essais en agriculture biologique (91 % des essais conduit en agriculture biologique) et sur les essais évaluant les effets fertilisants azotés des PRO (100 % des essais étudiant cette combinaison de facteurs) et leurs impacts sur la qualité des productions (78 %) i.e. teneur en protéines et en nitrates des cultures.

## Conclusion et perspectives

L'enquête a démontré le déséquilibre qui existe entre les thématiques d'étude des PRO. En effet, les effets fertilisant azotés sont largement étudiés quels que soient le type de culture, le type de PRO et le système de conduite de l'essai. Peu d'essais se penche sur la question du devenir des contaminants (ETM, CTO et pathogènes) et lorsque c'est le cas, ils se limitent souvent aux contaminants mentionnés dans la réglementation française. Les analyses associées à ces thématiques représentant un budget conséquent et demandant un suivi particulier peuvent expliquer ce nombre restreint. D'autre part, l'étude a montré qu'il existe un besoin de références sur les digestats de méthanisation toutes origines confondues, comme l'ADEME le souligne [1] : bien que la production de digestats ait augmenté ces dernières années du fait des avantages économiques que ce type de traitement représente, les références sur les impacts de l'apport de digestats aux sols agricoles ne sont pas encore suffisantes.

Dans le cadre du projet Réseau PRO, les données disponibles des essais recensés seront centralisées dans un système d'information permettant de les mettre à disposition à l'ensemble des partenaires du projet. Les données feront l'objet d'analyses statistiques et permettront d'alimenter des outils et modèles d'aide à la décision (AMG, Syst'N, Régifert, Azofert). Au regard des résultats de l'enquête, un des objectifs du Réseau PRO sera également de mettre en évidence les besoins en références, tels que pour les thématiques « Apport et devenir des contaminants après épandage de PRO » et pour les nouveaux types de PRO pouvant être utilisés par les agriculteurs. De futures expérimentations concernant de nouvelles thématiques d'études telles que les contaminants émergents ou la fourniture en phosphore par les PRO seront encouragées. Le projet Réseau PRO a donc pour ambition de créer les ressources et la synergie nécessaire pour réaliser de telles études. Un guide méthodologique de l'expérimentateur sera publié en 2014. Il est destiné à tout expérimentateur souhaitant évaluer les impacts de l'épandage des PRO. Il mettra à disposition des protocoles expérimentaux pour les thématiques d'études identifiées, et des modes opératoires de conduite d'essais. Ceci permettra à terme la mise en place d'un réseau d'essais national cohérent, pour lequel les données seront acquises de façon homogène, dans des contextes pédoclimatiques variés et pour une grande diversité de PRO.

## Références

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

[2] Bell A, Michaud A, Schaub A, Trochard R, Sagot S, Dumont S, Parnaudeau V, Leclerc B, De Chezelles E, Houot S, 2013 : « Réseau PRO » : Establishing a method for the referencing of organic residues recycled in agriculture in a database. Ramiran 2013.