

Contexte national de l'expérimentation au champ et mise en place d'outils et de références pour optimiser le recyclage des produits résiduels organiques **- Recyclage des effluents d'élevage en agriculture -**

Alix Bell^{1et 2}, Aurélie Michaud², Mathilde Heurtaux¹

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

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

Introduction

La nature des Produits Résiduels 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), de la nature de ces matières premières, du (des) traitement(s) appliqué(s) aux produits (compostage, méthanisation, etc.) et des conditions de stockage avant épandage [1]. Dans le cas particulier des effluents d'élevage, la conduite de l'élevage (bâtiment d'élevage, litière utilisée, etc.) impacte également les effets après épandage au champ. Or, un des grands attendus de la polyculture-élevage est de permettre une gestion plus efficiente des effluents d'élevage et de leurs impacts sur l'environnement. Un des enjeux du projet Réseau PRO (CasDAR/ADEME 2011-2013) est d'apporter des outils et des références facilement communicables dans le but d'accroître et de partager les connaissances existantes sur les PRO entre acteurs de la filière de gestion des PRO et d'optimiser leur recyclage agricole en optimisant leur valeur agronomique tout en minimisant les potentiels impacts environnementaux et sanitaires, notamment les risques de surfertilisation des sols, de lessivage de nitrate et d'émission de gaz à effet de serre.

En France, de nombreuses expérimentations au champ ont été mises en place par divers types de structures telles que les instituts de recherche, les instituts techniques agricoles et les chambres d'agriculture, pour évaluer *in situ* la valeur agronomique des PRO ainsi que les éventuels impacts environnementaux et sanitaires de leur recyclage. Une grande majorité de ces essais sont conduits sur des effluents d'élevage, dans des contextes pédoclimatiques variés et pour différents systèmes de culture (arboriculture fruitière, viticulture, grandes cultures, etc) [2].

Dans le cadre du projet Réseau PRO, un inventaire national a été conduit en 2011 pour recenser les essais au champ étudiant le recyclage agricole des PRO, les méthodes expérimentales mises en œuvre au champ et les méthodes de caractérisation analytique des compartiments de l'agrosystème (i.e. PRO, sol, plante, eau, gaz). D'autre part, une méthode de référencement des PRO a été élaborée afin de fournir une description des PRO épandus la plus détaillée possible et pouvoir en effectuer une classification en fonction par exemple de l'origine des matières premières et des traitements.

L'étude présentée ici a pour objectifs (i) d'exposer la méthode de classification des PRO issus d'élevage et (ii) de synthétiser les principaux résultats de l'inventaire national des essais au champ portant sur le recyclage d'effluents d'élevage en agriculture.

Méthodologie

En 2011, une enquête nationale a été menée dans le Réseau PRO pour 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 de l'essai, thématiques étudiées, etc.) et de connaître les itinéraires techniques, les méthodes de suivi mis en place et les types de données acquises (paramètres suivis, méthodes d'analyses, etc.). Ce recensement avait pour cibles les essais conduits en agriculture biologique et conventionnelle avec (i) tous les types de cultures (viticulture, cultures légumières, grandes cultures, arboriculture fruitière, sylviculture, etc.), (ii) tous les types de thématiques et de 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 les instituts techniques, les instituts de recherche, les chambres d'agriculture, ou les acteurs de la valorisation des PRO. Cet inventaire a recensé les essais conduits pour des PRO d'origine urbaine, agro-industrielle et agricole, mais ne seront présentés ici que les résultats concernant les effluents d'élevage [3].

Un des premiers constats de cette enquête est qu'il existe une hétérogénéité importante des

terminologies employées pour nommer ou décrire les PRO en général et les effluents d'élevage plus particulièrement. De plus, les informations disponibles sur ces PRO ne sont pas équivalentes d'un essai à l'autre. C'est pourquoi il était nécessaire de développer une méthode de description des PRO pour homogénéiser les terminologies relatives aux PRO (terminologies de description des PRO et dénominations des PRO) et assurer un référencement complet des PRO étudiés en France. L'homogénéisation des termes permettra d'une part l'établissement d'une nomenclature, et d'autre part, l'archivage uniforme et fiable des informations relatives à ces PRO dans un système d'information en cours de développement dans le cadre du Réseau PRO.

1. Référencement des effluents d'élevage : la méthode « Réseau PRO »

La méthode de référencement des effluents d'élevage développée dans le Réseau PRO regroupe un ensemble de critères de classement définis pour leur possible influence sur les effets attendus du recyclage des déjections animales en agriculture. Ces critères prennent également en compte les critères permettant d'attribuer un nom au PRO selon la nomenclature en cours d'élaboration.

Cette méthode permet ainsi de décrire de façon détaillée les effluents d'élevage, leur composition, les traitements éventuellement subis et les conditions de stockage avant épandage. A chacun de ces postes clés de description (composition, traitement, stockage) correspond une liste de choix réponses permettant d'homogénéiser les terminologies employées pour caractériser les PRO au sein de la base de données et entre les partenaires du Réseau PRO. Ces listes sont évolutives en fonction, par exemple, de l'apparition de nouveaux procédés de traitement des PRO ou de nouveaux PRO utilisés en agriculture.

Dans cette méthode, le premier niveau de référencement d'un effluent d'élevage consiste à renseigner les informations générales le concernant : coordonnées du producteur du PRO, statut réglementaire (statut déchet, homologation, norme...), forme physique (farine, solide, liquide, etc.), et, si existants, le nom commercial et les teneurs N/P/K annoncées.

Le second niveau de référencement comporte trois étapes de renseignement hiérarchisées et interdépendantes. Il permet de connaître la nature et les caractéristiques du PRO décrit. Ces trois étapes sont décrites ci-dessous.

Etape 1 : description et composition des PRO

La première étape est une description générale du PRO et de sa composition. Elle comprend trois sous-étapes. Dans un premier temps, l'origine des matières premières du PRO doit être précisée parmi 4 classes : matière organique urbaine/industrielle, issue d'élevage, autres matières organiques végétales ou animales, matières organiques mixtes (mélange de matières organiques issues d'au moins 2 des 3 classes précédentes). Il s'agit ensuite de préciser le grand type de PRO en fonction de la classe d'origine sélectionnée (à chaque origine de PRO est associée une liste spécifique de grands types de PRO). Le tableau 1 présente les grands types de PRO associés à un PRO issu d'élevage.

Quelle que soit l'origine du PRO décrit, la nature et la proportion des matières premières le composant doivent ensuite être spécifiées. Les listes de matières premières correspondant à chaque grand type d'effluents d'élevage sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Méthode de référencement des effluents d'élevage, première étape de description générale du PRO, avec les listes de choix proposées pour sélectionner le grand type de PRO et les matières premières le composant

Grands types d'effluents d'élevage	Listes des matières premières associées à chaque grand type
Effluent d'élevage non traité*	Fumier de bovins Fumier de porcs Fumier d'ovins Fumier de volailles Fumier de caprins Fumier de chevaux Fumier de lapins Lisier de bovins Lisier de porcs

	Lisier de volailles
	Lisier d'ovins
	Fientes de volailles
	Déjections de lapins
	Effluents peu chargés bovins eaux vertes blanches
	Effluents peu chargés lapins eaux vertes blanches
Coproduits de traitement du lisier de porcs ou de bovins	Boue de lisier de porcs/bovins sans séparation de phase en tête
	Boue de lisier de porcs/bovins après décanteuse-centrifugeuse
	Boue de lisier de porcs/bovins après vis compacteuse
	Eaux résiduelles issues de traitement du lisier de porcs/bovins
	Phase solide séparation phase lisier de porcs/bovins
	Phase liquide séparation phase lisier de porcs/bovins
	Refus de décanteuse-centrifugeuse sur lisier de porcs/bovins brut
	Refus de décanteuse-centrifugeuse sur lisier de porcs/bovins brut + boues
	Refus de vis compacteuse sur lisier de porcs/bovins
Digestat de méthanisation d'effluent d'élevage et Compost d'effluent d'élevage	Fumier de bovins
	Fumier de porcs
	Fumier d'ovins
	Fumier de volailles
	Fumier de caprins
	Fumier de chevaux
	Fumier de lapins
	Lisier de bovins
	Lisier de porcs
	Lisier de volailles
	Fientes de volailles

*Effluent d'élevage n'ayant subi ni méthanisation ni compostage

Dans le cas particulier des effluents d'élevages, les caractéristiques du mode de conduite d'élevage et de l'effluent pouvant influencer le comportement du PRO au champ sont demandées : le type d'animal, le type de litière et la quantité de litière utilisée ainsi que le bâtiment d'élevage. Les tableaux 2a et 2b présentent les caractéristiques d'effluents d'élevage qu'il est nécessaire de spécifier et les listes de choix de réponses correspondantes.

Tableau 2a : Méthode de référencement des effluents d'élevage, première étape de description générale du PRO : référencement des caractéristiques d'élevage, avec les listes de choix proposées pour décrire le type d'animal dont sont issues les matières premières (fumier, lisier, fientes, boues, etc.)

Types d'animaux	Animaux correspondants
Bovins	Vaches laitières
	Génisses
	Taurillons
	Vaches Allaitantes
	Broutards
	Veaux
Porcs	Truies
	Porcs engraissement
	Mixte truies et engraissement

Volailles Poules pondeuses
 Poulets de chair
 Poulets label
 Poulettes
 Canards
 Dindes et dindons
 Autres volailles

Tableau 2b : Méthode de référencement des effluents d'élevage, première étape de description générale du PRO : référencement des caractéristiques d'élevage, avec les listes de choix proposées pour décrire la conduite d'élevage

Caractéristiques élevage	Listes correspondantes
Types de litières	Rien Paille Copeaux Mélange pailles-copeaux Sciure Autre (préciser)
Quantité de litière utilisée	Rien <2 kg/jour/animal 2 à 5 kg/jour/animal >5 kg/jour/animal
Bâtiment d'élevage	Aire paillée Aire raclée Cages Caillebotis Etable entravée Hydrocurage (lisier) Logettes Pente paillée Système couvert (lisier) Système non couvert (lisier)

Etape 2 : Procédés de traitement des PRO

Une fois que la description de l'effluent d'élevage et sa composition ont été renseignées, le(s) procédé(s) de traitement des PRO et leurs caractéristiques sont spécifiés. Pour les procédés de compostage et de méthanisation, les caractéristiques spécifiques ont été définies en fonction de leurs possibles effets sur la valeur agronomique et les impacts environnementaux du PRO (par exemple pour le compostage sont demandés le procédé de compostage, le nombre de retournements, la durée de la phase de maturation, etc. voir figure 2). Chaque procédé de traitement est numéroté afin d'établir une chronologie de traitement du PRO.

Une liste de réponses prédéfinies est proposée pour chacune des informations à renseigner.

Dans le cas où aucun traitement n'a été appliqué, il suffit de passer à la troisième et dernière étape de référencement des PRO concernant les conditions de stockage du PRO avant épandage.

Etape 3 : Conditions de stockage du PRO avant épandage

La dernière étape de référencement d'un PRO concerne les conditions de stockage avant épandage. En effet, le stockage peut modifier les propriétés d'un produit organique telles que son état de maturité ou encore son comportement lors de l'épandage au champ. Ainsi, il est nécessaire d'archiver les

conditions de stockage en vue de pouvoir établir à terme un lien entre les informations de production du PRO et les effets attendus au champ : type d'infrastructure de stockage (fosse, plateforme, bout de champ, etc.), couverture ou non et durée de stockage avant épandage.

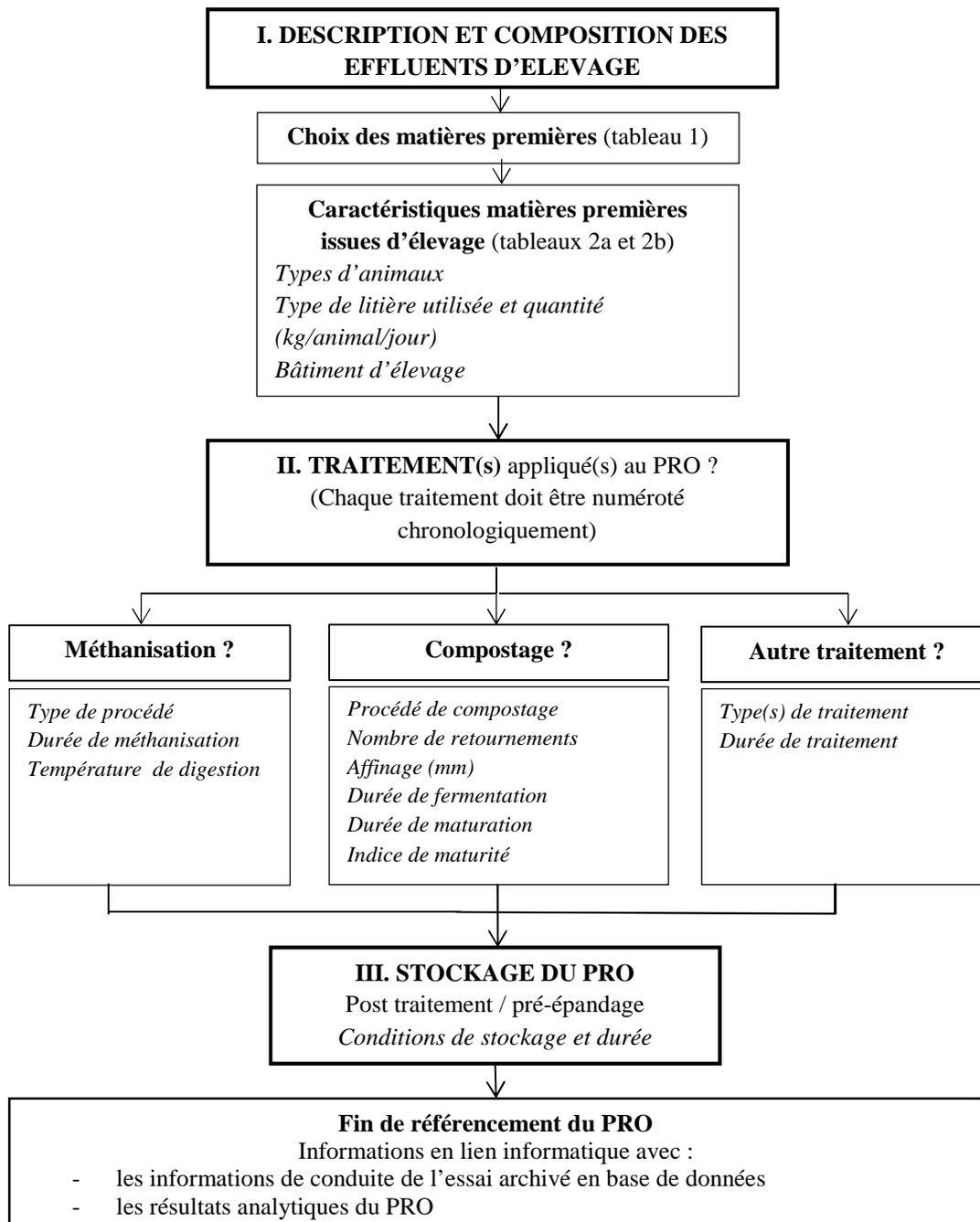


Figure 1 : Méthode de référencement des effluents d'élevage : (i) description et composition du PRO, (ii) traitements appliqués et (iii) conditions de stockage.

La méthode de référencement présentée ici a été utilisée pour archiver et classer les effluents d'élevage étudiés sur les essais au champ recensés au cours de l'enquête menée en 2011. Les principaux résultats de cette enquête sont présentés dans le paragraphe suivant.

2. Inventaire des essais : cas des effluents d'élevage

L'enquête nationale conduite en 2011 a permis de mettre en lumière le contexte expérimental français de l'évaluation du recyclage agricole des PRO, notamment issus d'élevage, de 1974 à aujourd'hui. En totalité, 437 essais ont été recensés en France. Ces essais peuvent étudier simultanément des PRO

issus d'élevage, des PRO urbains/industriels, des PRO d'origine végétale ou animale autre et des PRO d'origine mixte. Sur la totalité des essais recensés, 173 essais comptent parmi les PRO qu'ils étudient des effluents d'élevage (soit près de 40% des essais recensés). On ne s'intéressera qu'à ces 173 essais.

Le grand type d'effluent d'élevage majoritairement étudié correspond aux «effluents d'élevage non traités» (73,1% des effluents d'élevage étudiés), suivi du grand type «composts d'effluents d'élevage» (25,8%). Les digestats d'effluents d'élevage et les coproduits de traitement du lisier de porcs sont encore très peu étudiés, respectivement sur 1 essai et 2 essais. Les proportions de chaque grand type d'effluents étudiés sont représentées par région sur la figure 2. On constate que la Bretagne et La Réunion présentent les nombres les plus importants d'essais sur lesquels sont étudiés des effluents d'élevage avec respectivement 35 et 32 essais recensés. Ce nombre élevé d'essais conduits sur les effluents d'élevage en Bretagne et à la Réunion pourrait être en lien avec le nombre important d'élevages existant dans ces régions. Toutefois, certaines régions françaises pratiquant la polyculture élevage, et ayant de fait des élevages, présentent peu ou pas d'essais conduits, comme par exemple les régions Limousin et Poitou-Charentes.

Les matières premières issues d'élevages bovins, porcins et avicoles composent à 92% les effluents d'élevage étudiés sur les essais, tous grands types d'effluents confondus (tableau 3). On constate de plus que les matières premières issues d'élevages avicoles sont étudiées plus fréquemment sous la forme de fientes (18,7% des PRO étudiés contenant tout ou partie de matières premières issues d'élevage), celles issues d'élevage bovins sous la forme de fumier (34,7%) et celles issues d'élevages porcins sous la forme de lisier (18,7%).

Tableau 3 : Types d'élevage dont sont issues les matières premières des effluents d'élevage étudiés sur les essais inventoriés en France, avec le pourcentage de PRO contenant en tout ou partie des matières premières de type effluents d'élevage

Type d'élevage dont sont issus les effluents étudiés	PRO étudiés contenant tout ou partie de matières premières de type effluents d'élevage (%)
Avicole	28,6
<i>dont fientes de volailles</i>	18,7
<i>fumier de volailles</i>	9,2
<i>lisier de volailles</i>	0,8
Bovins	41,6
<i>dont fumier de bovins</i>	34,7
<i>lisier de bovins</i>	6,9
Porcins	21,8
<i>dont fumier de porcs</i>	3,1
<i>lisier de porcs</i>	18,7
Ovins (fumiers)	5,7
Chevaux (fumiers)	1,5
Caprins (fumiers)	0,8

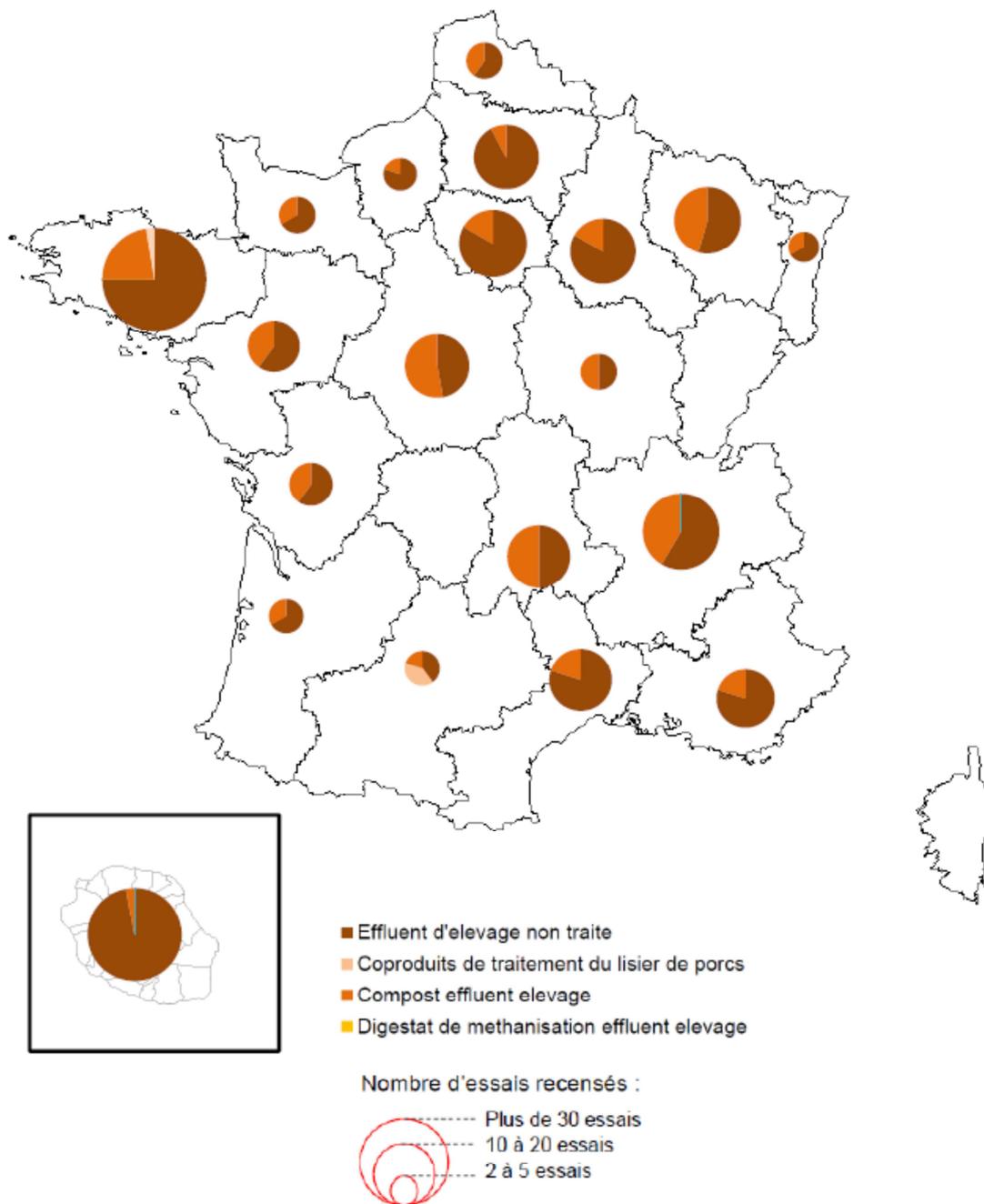


Figure 2 : Cartographie nationale des essais conduits sur les effluents d'élevage, avec le nombre d'essais étudiant les effluents d'élevage et les grands types d'effluents par région.

Les 173 essais étudiant le recyclage des déjections animales au champ sont principalement conduits en grandes cultures et en cultures tropicales et exotiques (du fait du nombre important d'essais conduits à La Réunion), avec respectivement 53% et 16% des essais avec effluents d'élevage (voir figure 3). On constate au contraire que peu d'essais étudient le recyclage des effluents d'élevage en arboriculture fruitière ou en viticulture, avec respectivement 2 et 3% des essais étudiant le recyclage des effluents d'élevage.

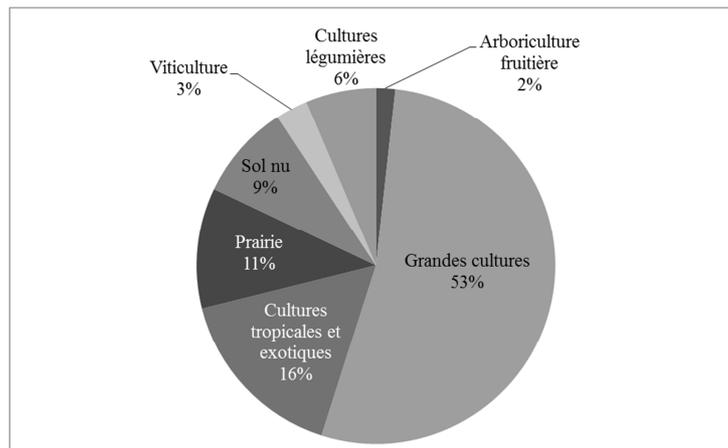


Figure 3 : Types de cultures conduits sur les essais inventoriés en France étudiant des effluents d'élevage

Sur chaque essai recensé, plusieurs thématiques d'étude relatives au recyclage agricole des effluents d'élevage peuvent être suivies (voir tableau 4). L'étude montre que la principale thématique porte sur les effets azote à court, moyen ou long terme des effluents d'élevage (étudiés sur près de 98% des essais), suivi de leurs effets fertilisants « P-K-Mg-S » (44% des essais). Les thématiques portant sur les contaminants, tels que les ETM (Eléments Traces Métalliques), les CTO (Composés Traces Organiques) et les pathogènes humains sont plus rarement étudiés, respectivement sur 11%, 5,8% et 1,7 % des essais conduits avec des effluents d'élevage. Les thématiques en rapport avec les effets sur le sol telles que les effets physiques, la valeur amendante pH et la valeur amendante organique sont étudiées sur respectivement sur 25%, 25% et 17 % des essais avec des PRO issus d'élevage. Il est intéressant de noter que les proportions des thématiques « effets physiques » et « effet amendant organique » augmentent lorsque l'on se place dans la situation spécifique des composts d'effluents d'élevage, avec respectivement 37% et 31% des essais recensés conduits avec des effluents d'élevage. Ceci est probablement dû au fait que ces thématiques sont en lien avec les effets attendus d'un compost en terme d'amendement organique.

Tableau 4 : Thématiques étudiées sur les essais inventoriés en France étudiant le recyclage agricole des effluents d'élevage

Thématique d'étude des effluents d'élevage	% d'essais
Effets fertilisants azote	98%
Effets fertilisants P-K-Mg-S	44%
Effet amendant organique	25%
Effet amendant pH	17%
Effets physiques (sol)	25%
Devenir des éléments traces métalliques (ETM)	11%
Devenir des composés traces organiques (CTO)	6%
Devenir des Pathogènes	2%
Qualité des productions	20%
Services écosystémiques	9%
Impacts économiques	16%

Conclusion et perspectives

La méthode de référencement des effluents d'élevage a été testée sur les PRO étudiés des 173 essais recensés en 2011. Cette méthode de référencement des PRO permet d'archiver et de classer de façon claire et efficace les déjections animales recyclées en agriculture en France. Une nomenclature nationale de dénominations unifiées des effluents d'élevage est en cours de préparation. Les critères renseignés dans la méthode présentée ici recoupent ceux de la nomenclature. Ceci permettra *in fine* d'utiliser la nomenclature pour nommer l'ensemble des effluents d'élevage référencés via la méthode développée dans le Réseau PRO.

Cette méthode de description des effluents d'élevage est, de plus, intégrée dans le fichier de saisie du Réseau PRO permettant le renseignement des données acquises sur les essais au champ et par les caractérisations analytiques au laboratoire (ex. incubations C et N, caractérisations physico-chimiques) en vue de pouvoir les insérer dans la base de données nationale du Réseau PRO. Tout effluent décrit et inséré dans la base sera ainsi en lien informatique avec les données analytiques acquises sur ces PRO et les essais recensés sur lesquels ils sont épandus (mesures sur PRO, sol, plante, eau et air). La méthode permettra donc de pouvoir comparer les effets d'effluents d'élevage analogues entre eux, ou avec d'autres types de PRO étudiés, dans différents contextes pédoclimatiques et différents contextes expérimentaux (système de culture différents, facteurs étudiés différents, etc.).

Le niveau de détail de la méthode de référencement présentée ici permet d'intégrer différents besoins sur la connaissance des PRO : (i) le référencement des étapes clés pouvant influencer sur les effets attendus au champ des PRO épandus, (ii) la définition des critères de description des PRO pouvant être associés à une classe d'effets attendus pour une typologie données (typologie C, N ou P par exemple), (iii) à terme l'établissement des leviers possibles (ex : durée de méthanisation, durée de stockage, procédé de traitement, composition) permettant d'atténuer et/ou maximiser certains effets attendus au champs pour une typologie donnée tout en conservant les autres effets escomptés.

Les résultats de l'inventaire des essais au champ conduit en 2011 ont pu mettre en évidence que les effluents d'élevage sont fréquemment étudiés. En effet, sur la totalité des 437 essais recensés, 40% étudient des effluents d'élevage, 60% des PRO urbains/industriels, 18% des PRO d'origine végétale ou animale autre, et 18% des PRO d'origine mixte, sachant qu'un essai peut étudier simultanément des PRO d'origines différentes. Le type d'effluents d'élevage le plus étudié correspond aux effluents d'élevage non traités (73,1%) puis aux composts d'effluents d'élevage (25,8%). Les principales matières premières issues d'élevage entrant dans la composition des PRO étudiés sont des fumiers de bovins (34,1%). En effet, le fumier de bovins est souvent pris comme PRO de référence pour l'étude d'autres PRO, ses effets et caractéristiques étant parmi les mieux connus. Les régions présentant les nombres les plus importants d'essais étudiants des PRO issus d'élevage sont la Bretagne (31 essais) et La Réunion (34 essais). Ces régions présentent effectivement de nombreux élevages dont les effluents sont recyclés en agriculture et nécessitent ainsi des références sur ce type de PRO.

Le contexte expérimental le plus répandu correspond à un essai mené en agriculture conventionnelle, en grandes cultures et portant sur les effets agronomiques et notamment les valeurs fertilisantes N, P, K, Mg et S des effluents d'élevage. Les effets environnementaux et sanitaires ont été moins étudiés (ETM, pathogènes, CTO), probablement du fait du coût des analyses et des contraintes de suivis. Ce recensement a également mis en évidence un manque de références concernant les digestats d'effluents d'élevage.

D'autre part, dans le cadre du Réseau PRO, un guide méthodologique de mise en place et de conduite d'expérimentation au champ sur le recyclage agricole des PRO est en cours d'élaboration. Ce guide, à destination de tout expérimentateur, décline par thématique d'étude des protocoles, des méthodes de conduite et de suivi des différents compartiments de l'agrosystème. Ce document appuiera la mise en place de nouveaux essais intégrés au Réseau PRO dans divers contextes agropédoclimatiques présentant des méthodes de conduites homogènes. Les méthodes présentées dans ce guide permettront, de plus, d'appuyer la mise en place d'essais pour l'acquisition de références pour des PRO (digestats) ou des thématiques (ET, CTO, etc.) encore peu étudiés, identifiés dans le cadre de l'inventaire.

Références

[1] Bell Alix, Michaud Aurélia, Schaub Anne, Trochard Robert, Sagot Stéphanie, Dumont Solène, Parnaudeau Virginie, Leclerc Blaise, Heurtaux Mathilde, Houot Sabine, 2013. « Réseau PRO »: Establishing a method for the referencing of organic residues recycled in agriculture in a database. RAMIRAN 2013

[2] 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.

[3] Bell Alix, Michaud Aurélie, Heurtaux Mathilde, Houot Sabine, 2013. « Réseau PRO »: analyzing the French context of field experiments assessing agronomic, environmental and sanitary impacts of organic residues recycled in agriculture. RAMIRAN 2013