



Ecole Supérieure d'Agriculture
55 rue Rabelais
49000 ANGERS
Tél : 02.41.23.55.55



**Association pour la Relance
Agronomique en Alsace ARAA**
Maison de l'agriculture
Schiltigheim
67013 STRASBOURG
Tél : 03.88.19.17.52

Maître de stage : **Anne SCHAUB**

Référents techniques :

Nathalie VALENTIN (SMRA68)

Marc LOLLIER (UHA)

**Analyse des besoins des acteurs du terrain sur l'acquisition
de nouvelles références sur les effets agronomiques et
environnementaux de l'épandage des produits résiduaire
en Alsace.**



Mémoire de fin d'étude

Cécile Bodet, élève ingénieur ESA

Promotion 2008-2009, 111

17 septembre 2013

Patron de mémoire : Guillaume PIVA

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier toute l'équipe du SMRA68 qui m'a accueillie dans ses locaux : Alexandra, Claude, Magali, Sabine, Sandra et Virginie. Un merci tout particulier à Nathalie Valentin, la directrice pour toutes les heures qu'elle m'a consacrées, en particulier les dernières semaines. Au cœur de cette équipe, j'ai beaucoup appris sur le management, le partage et la complémentarité des compétences. Merci de m'avoir fait découvrir que la fonction publique c'est bien servir pour l'intérêt général et de m'avoir fait comprendre que défendre et travailler pour l'agriculture signifie quelques fois défendre et accompagner les agriculteurs contre leur gré... Je pense que cela me sera bien utile au cours ma carrière !

Je remercie particulièrement Anne Schaub, mon maître de stage, avec laquelle ce fut un réel plaisir de travailler. L'organisation, la rigueur et le travail sont gages de réussite. Je suis contente de la compter parmi mes mentors ! Merci à elle d'avoir été aussi présente malgré la distance et de m'avoir conviée aux réunions du Réseau PRO, de PRO'spective et au colloque RAMIRAN. J'ai bien saisi la force et l'intérêt du partenariat et des réseaux.

Je remercie également Marc Lollier, maître de conférences, pour les rendez-vous au pied levé et surtout pour sa pédagogie. Merci aussi pour l'invitation au stammtisch. Les rencontres plus « éclectiques et informelles » sont aussi utiles et enrichissantes.

Merci à Guillaume Piva, mon patron de mémoire pour ses encouragements et ses conseils.

Je tiens à remercier les personnes qui m'ont accordé quelques heures malgré leurs obligations : Jean Masson (INRA Colmar), Aurélie Michaud (INRA Grignon), Florence Kling (Institut de l'élevage), Rémi Koller (ARAA). Merci à Alix Bell, ingénieur du Réseau PRO pour l'aide qu'elle m'a apportée. Je lui souhaite bonne continuation. Une pensée pour Denis et Arnaud qui travaillent sur la plateforme de Colmar. Bon courage pour la suite !

Je remercie sincèrement toutes les personnes que j'ai rencontrées ou contactées pour mon enquête. Merci pour leur temps et leur contribution à ce travail.

Merci à mes compagnons de pause de l'OPABA, de l'ITADA et d'Arvalis pour les nombreuses conversations que nous avons eues : Mathilde, Hélène, Hervé, Joseph, Lucile, Thomas, Antoine, Christophe, Joseph, Caroline, Joanne et Noémie. Merci à mes collègues de l'ARAA de Schiltigheim, avec lesquels j'ai partagé de bons, mais trop courts moments.

Merci à toutes les personnes avec lesquelles j'ai partagé de bons moments à découvrir « l'Est » comme je le souhaitais depuis longtemps ! Merci à l'INRA pour l'hébergement qui m'aura permis de faire la rencontre de ma colocataire Maryam avec laquelle j'ai pu découvrir quelques bribes de l'Iran.

Et bien sûr un très grand merci à Valentin, le stagiaire du SMRA68 avec lequel j'ai partagé ces 6 mois au bâtiment Europe !

Abstract

AUTHOR: Cécile Bodet	Supervisors: Anne SCHAUB (ARAA), Guillaume PIVA
Promotion: 2008 (111)	(ESA), Nathalie VALENTIN (SMRA68), Marc Lollier (UHA)
Report: Needs of new references for local actors about organic residues environmental and agronomic effects in Alsace.	
31 figures / 8 tables / 11 appendices	
Key-words: recycling in agriculture, agronomy, experiments, organic residues.	
PLAN	<p>This document deals with needs of reference about organic residues effects. This work starts with partner organism presentation, definition of “organic residues” and their agronomic interest. Politic decision and law evolutions, in European Union and France, will be presented and then come to problematic and objectives of the study. Methods of statistics and survey will be described. Then, results will be exposed, supplemented with elements of response from research. Methods and results will be discussed, and potential actions will end this document.</p>
GOAL OF STUDY	<p>Proper organic residues management can reduce operating cost associated with fertilizer application and reduce environment pollution. Information is essential to reach good practices. That’s why ARAA and SMRA68 want to know what information need users in order to improve organic residues management.</p>
METHODS & TECHNICS	<p>This study has several steps: first, statistic quality study of data from two medium term experiments in Alsace, with statistical indicators; secondary, a survey to know users and advisors questions; finally, comparison between adviser’s questions and knowledge.</p>
RESULTS	<p>A lot of questions from actors are about agronomic value, in particular in nitrogen supply of organic residues. This is linked with economic value of organic residues. About negatives environmental effects, there are many questions about nitrates. About the local experiments, the quality is enough to have response about metallic risks, even if it’s not an important concern for actors. Research has a lot of knowledge and tools to suggest to actors (nitrates, carbon, greenhouse gases, etc.) and also laboratory indicators used to compare residues potentials (organic matter, mineralization, etc.). It’s clear that communication, formation and sharing are necessary for local actors.</p>
CONCLUSION	<p>Some questions need new experiments, for example about greenhouse gases, new pollutants, etc. PRO’spective experiment in Colmar and national networks (Réseau PRO, SOERE PRO) will bring a lot of responses.</p>

Résumé en français

AUTEUR : Cécile Bodet	Encadrement : Anne SCHAUB (ARAA), Guillaume PIVA
Promotion : 2008 (111)	(ESA), Nathalie VALENTIN (SMRA68), Marc Lollier (UHA)
Signalement du rapport :	
<p>Analyse des besoins des acteurs du terrain sur l'acquisition de nouvelles références sur les effets agronomiques et environnementaux de l'épandage des produits résiduaire en Alsace.</p>	
31 figures / 8 tableaux / 11 annexes	
Mots-clés : recyclage agricole, expérimentation, produits résiduaire organique.	
PLAN	Après la présentation des commanditaires de cette étude, le terme de Produit
INDICATIF	Résiduaire Organique PRO sera expliqué, ainsi que l'intérêt agronomique,
	suivis par l'évolution du contexte politique et réglementaire, puis par des
	réflexions succinctes sur le rôle de la recherche, aboutissant à la problématique.
	Le cadre de l'étude de terrain sera précisé, ainsi que les méthodes d'enquête et
	statistiques utilisées. Ensuite, les résultats de l'enquête de terrain seront
	présentés, complétés par des éléments de réponse issus de la recherche. Les
	actions possibles termineront ce rapport.
BUTS DE	Le contexte autour des filières de recyclage agricole des PRO évolue au niveau
L'ETUDE	européen et national, encourageant les pratiques de recyclage agronomique. La
	recherche a un rôle important pour la pérennité de ces filières via la création de
	nouvelles connaissances. Dans ce cadre, une étude a été commanditée pour
	l'Alsace par le Syndicat Mixte de recyclage Agricole 68 et l'Association pour la
	Relance Agronomique en Alsace. L'objectif est de connaître les besoins en
	recherche sur les effets agronomiques et environnementaux des PRO. L'étude
	comporte plusieurs étapes : tout d'abord, un point sur la qualité des données
METHODES &	obtenues par deux expérimentations alsaciennes de moyenne durée, à l'aide
TECHNIQUES	d'analyses statistiques ; ensuite, une enquête qualitative auprès d'acteurs pour
	définir les questions qu'ils se posent ; pour terminer, une mise en relation avec
	les connaissances déjà acquises. La majorité des questions des acteurs porte sur
	la valeur agronomique et surtout l'effet engrais azoté. Ceci est aussi lié à des
	repères économiques. En ce qui concerne les effets négatifs, les préoccupations
	portent sur les risques nitrates. La recherche dispose déjà de réponses. Elle a
	créé des outils de modélisation, utilisables par le terrain. Il semble que les
RESULTATS	leviers d'action soient plus liés au partenariat entre acteurs et à la
	communication que par la mise en place de nouvelles expérimentations.
CONCLUSION	

Sigles et abréviations

€	Euro
ACTA	Association de Coordination Technique Agricole
ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AERM	Agence de l'Eau bassin Rhin-Meuse
AMG	Andriulo, Mary, Guérif
ANOVA	Analyse de la Variance (de l'anglais ANalysis Of VAriance)
ARAA	Association pour la Relance Agronomique en Alsace
C	Carbone (utilisé uniquement dans les tableaux et figures)
CaCO ₃	Carbone de calcium
CaO	Chaux (utilisé uniquement dans les tableaux et figures)
CasDAR	Compte d'affectation spéciale Développement Agricole et Rural
CG68	Conseil Général du Haut-Rhin (utilisé uniquement dans les figures)
CH ₄	Méthane
CIPAN	Culture Intermédiaire Piège A Nitrates
CO ₂	Dioxyde de carbone
CTO	Composés Traces Organiques
CV	Coefficient de Variation
DDT	Direction Départementale des Territoires (utilisé uniquement dans les figures)
ECG	Environnement et Grandes Cultures
EMAA	Energie Méthanisation Autonomie Azote (plan national visant la création massive d'unités de méthanisation)
ESA	Ecole Supérieure d'Agriculture (page de couverture)
ESCO	Expertise Scientifique COLlective (utilisé uniquement dans les annexes)
ETM	Eléments Traces Métalliques
ex	Exemple
g, kg	gramme, kilogramme
GES	Gaz à Effet de Serre
ha	hectare
IAA	Industrie Agro-Alimentaire (utilisé uniquement dans les tableaux et figures)
INRA	Institut National de Recherche Agronomique
ISMO	Indice de Stabilité de la Matière Organique
JORF	Journal Officiel de la République Française (utilisé uniquement dans les annexes)
JOUE	Journal Officiel de l'Union Européenne (utilisé uniquement dans les annexes)
K	Potassium
K ₂ O	Oxyde de potassium (ou « potasse »)
m ³	mètre cube
MAFOR	MAtière Fertilisante d'Origine Résiduaire
MB	Matière Brute
MO	Matière Organique
MS	Matière Sèche
N	Azote
N ₂ O	Protoxyde d'azote
NF	Norme Française
NH ₃	Ammoniac
N-NH ₄	Azote sous forme ammoniacal (utilisé uniquement dans les tableaux et figures)
NPK	Azote – Phosphore – Potassium

OAD	Outil d'Aide à la Décision
P	Phosphore
P ₂ O ₅	Anhydride phosphorique (ou « phosphate »)
PRO	Produits Résiduaire Organiques
R&D	Recherche et Développement
RMT	Réseau Mixte Technologique
SAU	Surface Agricole Utile
SMRA68	Syndicat Mixte de Recyclage Agricole du Haut-Rhin
SOERE	Système d'Observation et d'Expérimentation au long terme pour la Recherche et l'Environnement
t	Tonne
UHA	Université de Haute-Alsace (en page de couverture)

Navigation dans le document informatique :

Pour accéder aux figures, tableaux et annexes, cliquer sur le lien. A la fin de chaque figure, tableau et annexe, un lien permet de revenir au texte en cliquant sur le numéro de page indiqué.

Sommaire

Remerciements	
Abstract	
Résumé en français.....	
Sigles et abréviations.....	
Sommaire	
Introduction	1
1. Cahier des charges de l'étude.....	3
1.1. Commanditaires	3
1.1.1. ARAA.....	3
1.1.2. SMRA68.....	4
1.1.3. Réseau PRO.....	4
1.1.4. Demande préalable des commanditaires	5
1.2. Contexte et enjeux	5
1.2.1. La valorisation des PRO.....	5
1.2.2. Un contexte en évolution.....	11
1.2.3. Rôle et objectifs de la recherche et du développement pour la filière de recyclage agricole.....	14
1.3. Initiation de l'étude	17
1.3.1. Problématique.....	17
1.3.2. Etapes de travail	18
1.3.3. Définition du champ d'étude.....	19
2. Matériel et méthode.....	22
2.1. Enquêtes auprès des acteurs	22
2.1.1. Méthode d'enquête	22
2.1.2. Méthode d'analyse de contenu	27
2.2. Bilan sur les expérimentations locales	28
2.2.1. Dégager les enseignements de ces essais	29
2.2.2. Présentation des dispositifs d'expérimentation	29
2.2.3. Protocole d'analyse de la qualité des données	31
2.3. Des questions à l'action.....	32
2.3.1. Besoins en expérimentation	32

2.3.2.	Plan d'action.....	32
3.	Résultats	33
3.1.	Les questions des acteurs	33
3.1.1.	Campagne d'enquêtes	33
3.1.2.	Analyse de contenu	33
3.1.3.	Focus sur trois thèmes : valeur « engrais », typologie et ETM.....	39
3.2.	Pistes de travail et perspective d'actions.....	51
3.2.1.	Bilan des références à transmettre, à affiner et à acquérir	51
3.2.2.	Pertinence de l'expérimentation.....	54
3.2.3.	Plan d'action.....	55
4.	Discussions et perspectives	56
4.1.	Analyse critique de la méthodologie	56
4.1.1.	Validation de l'hypothèse de travail.....	56
4.1.2.	Points positifs de la méthodologie	56
4.1.3.	Limites liées aux méthodes mises en œuvre	57
4.2.	Interprétation et discussion des résultats	58
4.2.1.	Comparaison des résultats de l'enquête avec d'autres études.....	58
4.2.2.	Critique de la fiabilité et de la durabilité des résultats	59
4.2.1.	Une recherche en accord avec les besoins du terrain	60
4.3.	Perspectives et plan d'actions	61
4.3.1.	Matière organique : un message de fond.....	61
4.3.2.	Un travail de communication et de partenariat	62
4.3.3.	Raisonnement des expérimentations : rôle et mise en place.....	63
	Conclusion.....	64
	Bibliographie.....	66
	Figures et tableaux	70
	Annexes.....	72

Introduction

Le recyclage agricole des Produits Résiduels Organiques (PRO) est un enjeu crucial pour la société et pour l'agriculture. D'une part, il représente une activité locale ancrée sur le territoire, puisqu'elle ne peut être délocalisée. D'autre part, il évite une consommation de matière et d'énergie qu'engendrerait la fabrication de nouveaux engrais et amendements, parfois à partir de ressources non-renouvelables. Pour les PRO d'origine non-agricole, l'épandage présente aussi un intérêt économique majeur pour les élus, les administrés et les industries. Enfin pour l'agriculture, c'est affirmer aussi son rôle de multifonctionnalité par le service rendu à la société.

La pérennité de cette filière, parfois remise en question, passe par l'exemplarité, une réglementation stricte, des contrôles attentifs, ainsi que par des travaux de recherche ayant pour but d'améliorer les connaissances à la fois sur la valeur agronomique des PRO et sur les impacts des épandages sur le milieu. La recherche endosse donc un rôle important au sein de cette filière. Pour être efficace, la recherche et le développement doivent répondre aux questions des acteurs. C'est par l'interaction entre recherche, acteurs du terrain et représentants de la société (associations, consommateurs, etc.) que les travaux seront plus pertinents et garderont leur légitimité.

Dans le Haut-Rhin, le recyclage des PRO d'origine non-agricole est un enjeu particulier au vu de la pression démographique. Avec cette volonté de répondre aux acteurs du terrain, l'Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA) et le Syndicat Mixte de Recyclage Agricole du Haut-Rhin (SMRA68) ont mené un audit en 1994 pour connaître les freins à l'épandage des boues de station d'épuration. Suite à cet audit, deux essais locaux de plein champ de moyenne durée furent mis en place pour apporter des connaissances locales sur les impacts des épandages sur le milieu et la qualité des récoltes. Depuis 1994, le contexte a beaucoup évolué : consolidation de la filière, mise en place d'une réglementation,... En 2001, une nouvelle enquête a donc été effectuée. Depuis 10 ans, la filière de recyclage agricole a à nouveau connu des évolutions : développement du compostage, volontés politiques encourageant le recyclage, évolution de la réglementation, etc. L'enquête de filière est renouvelée en 2013-2014. C'est dans ce cadre que m'a été confiée ma mission de stage qui est d'établir un bilan du volet « expérimentations ». Les objectifs sont de faire le point sur les résultats obtenus grâce aux essais passés et de déterminer quelles sont les questions actuelles

des acteurs de la filière, aboutissant, si besoin, à la mise en place de nouvelles expérimentations. Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un projet national ayant pour but de mutualiser les connaissances scientifiques sur les PRO.

Après une présentation du cadre général de travail et du contexte actuel du recyclage agricole, les méthodologies mises en œuvre lors de l'étude seront exposées. Les résultats traiteront, dans un premier temps, des questions soulevées par les acteurs lors des enquêtes sociologiques, puis des réponses qui peuvent être apportées grâce aux essais déjà réalisés. La troisième partie des résultats exposera les questions actuellement sans réponse, et celles pouvant faire l'objet de nouveaux essais locaux. Pour finir, les méthodologies et les résultats seront discutés pour permettre d'évaluer la qualité de l'étude.

1. Cahier des charges de l'étude

1.1. Commanditaires

Le SMRA68 en tant qu'ancien service de l'ARAA a toujours entretenu des liens forts avec l'association, notamment pour ce qui concerne la branche « expérimentations de plein champ » qui les a menés à gérer ensemble deux expérimentations de moyenne et longue durées sur le thème des PRO. L'ARAA et le SMRA68 sont membres du Réseau national PRO, qui a pour but de mutualiser les données issues d'expérimentations de plein champ sur le thème des PRO et d'orienter les futurs programmes expérimentaux. C'est donc logiquement que l'ARAA s'est associée au SMRA68 pour le travail à mener dans le cadre du Réseau PRO.

1.1.1.ARAA (ARAA, 2009)

L'ARAA est créée en 1984 pour mettre en œuvre une recherche appliquée dans le domaine de l'agronomie en région Alsace. En termes de ressources humaines, l'ARAA compte six postes techniques (docteurs, ingénieurs et techniciens) et un administratif.

Les objectifs de l'ARAA sont en accord avec les enjeux agricoles de l'Alsace qui sont de :

- protéger la qualité des ressources en eau contre les pollutions par les nitrates et les produits phytosanitaires issus des activités agricoles,
- préserver les sols contre l'érosion et limiter les risques de coulées d'eau boueuses,
- maintenir la productivité des cultures autant que la qualité des récoltes, et favoriser les systèmes de culture contribuant au développement durable.

Dans cet optique, l'ARAA s'est défini pour missions de :

- contribuer à l'élaboration de nouvelles références techniques pour les conseillers agricoles, par l'expérimentation au champ et l'évaluation des techniques,
- évaluer et prévoir l'impact des pratiques agricoles sur les sols et l'eau, à différentes échelles (depuis la parcelle, jusqu'au territoire),
- renforcer la connaissance des sols régionaux (base de données).

Elle a une volonté de transfert des résultats acquis sur les techniques et les systèmes de culture durables vers les utilisateurs et les agriculteurs.

L'ARAA est un acteur important du territoire agricole alsacien et une référence majeure pour de nombreux organismes et institutions du monde agricole régional. Les travaux menés depuis près de 30 ans constituent une base commune à de nombreux conseillers. L'ARAA sait s'entourer de multiples partenaires issus du terrain, autant que de la recherche. Ainsi, l'ARAA

constitue un véritable organisme de recherche appliquée et de transfert des connaissances vers le terrain.

1.1.2.SMRA68

La Mission de Recyclage Agricole du Haut-Rhin est créée en tant que service de l'ARAA en 1989. Elle est depuis 2007 un syndicat mixte ouvert, nommé SMRA68. Celui-ci a pour objectif le conseil aux collectivités locales et aux industriels qui recyclent leurs déchets en agriculture, et aux agriculteurs utilisateurs de ces déchets, ainsi que la validation et l'amélioration des pratiques d'épandage (SMRA68, 2007). En 2008, le préfet désigne le SMRA68 en tant qu'« *organisme indépendant des producteurs de boues du Haut-Rhin* » (Préfet du Haut-Rhin, 2008). Les producteurs de boues sont les collectivités territoriales (communes, groupement de communes) et les entreprises industrielles équipées d'un système de traitement des eaux usées. Le SMRA68 a pour objectifs de :

- Garantir des épandages de PRO non-agricoles respectueux des exigences réglementaires et agronomiques, de façon à protéger le sol, les milieux aquatiques et la chaîne alimentaire ;
- Pérenniser la valorisation en agriculture des produits résiduels organiques d'origine non-agricole, notamment en participant au partenariat entre agriculteurs et producteurs de PRO non-agricoles.

(Syndicat Mixte de Recyclage Agricole du Haut-Rhin, 2013)

Ces objectifs sont déclinés par différentes actions qui sont le conseil et le soutien à la filière, la communication et la sensibilisation, la création de connaissances scientifiques et techniques, et la concertation avec d'autres organismes (voir Figure 1).

1.1.3.Réseau PRO

Le Réseau « Produits Résiduels Organiques » est un projet au financement Compte d'affectation spéciale « Développement Agricole et Rural » dit « CasDAR » provenant du Ministère de l'agriculture et cofinancé par l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). Il est coordonné par l'Association de Coordination Technique Agricole (ACTA) et l'Institut National de Recherche Agronomique Centre de Grignon unité Environnement et Grandes Cultures (INRA ECG). Le Réseau PRO a pour but de mutualiser les expériences et les compétences autour des expérimentations sur les épandages de PRO. Ce réseau vise la création d'un réseau national 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 PRO recyclés en agriculture. Le Réseau PRO compte 25 organismes partenaires (chambres d'agriculture, instituts techniques, laboratoires, etc.), dont l'ARAA et le SMRA68. L'ensemble des objectifs du projet Réseau PRO est présenté dans la Figure 2. Le stage s'inscrit dans ce projet Réseau PRO.

1.1.4. Demande préalable des commanditaires

Le stage de fin d'étude réalisé a trois objectifs. D'une part, l'ARAA et le SMRA68 souhaitent fournir au Réseau PRO les données brutes et moyennées sur le sol, les cultures et les intrants issues des essais de longue durée sur les PRO qui ont été menés de 1995 à 2012 dans le Haut-Rhin. Ceci permettra également de faire le point sur les résultats obtenus lors des essais et sur la qualité des données. D'autre part, l'ARAA et le SMRA68 souhaitent connaître les questions, qu'elles soient récurrentes ou nouvelles, que se posent aujourd'hui les acteurs de la filière locale à propos des impacts agronomiques et sanitaires de l'épandage des PRO, au moyen d'une enquête. Enfin, ces deux étapes aboutiront à déterminer si les connaissances acquises permettent de répondre à ces questions ou s'il est nécessaire de proposer de nouvelles pistes de travail pour répondre aux questions.

1.2. Contexte et enjeux

1.2.1. La valorisation des PRO

1.2.1.1. Qu'est-ce qu'un PRO ?

L'expression « PRO » n'a pas de signification au sens juridique du terme. En pratique, les PRO forment un ensemble hétérogène et regroupent des produits issus d'activités très diverses (industries, ménages, agriculture, etc.). Il est généralement entendu par le terme de PRO : effluents considérés comme déchets d'une activité (généralement urbaine, industrielle ou agricole) contenant une part organique, qui peut être potentiellement valorisable sur les sols agricoles.

Au sein du SMRA68, le terme de PRO désigne « *l'ensemble des boues, composts, effluents et déchets urbains et industriels [...] faisant l'objet d'une valorisation agronomique (épandage en agriculture, revégétalisation,...), y compris les produits organiques normalisés tels que définis par les normes NF [Norme Française NF], notamment NFU 44 095 et NFU 44 051* » (Préfet du Haut-Rhin, 2008). D'autres filières sont également productrices d'effluents valorisables en agriculture, notamment l'agriculture elle-même. En effet, les effluents des

ateliers de production animale (lisiers, fumiers, fientes, etc.) représentent des tonnages importants. La Figure 3 donne des estimations de la production haut-rhinoise de boues résiduaires, d'effluents et boues industriels et d'effluents d'élevage.

Les produits résiduaires non-organiques sont aussi multiples que les PRO. Ils se distinguent par l'absence de fraction organique. Ils sont principalement constitués par des minéraux. Il s'agit par exemple des cendres issues de traitements thermiques (chaudières biomasses, etc.) qui présentent un intérêt agronomique.

Pour simplifier la lecture, seul le terme de PRO sera utilisé dans l'ensemble du document.

1.2.1.2. L'intérêt agronomique des PRO

L'intérêt agronomique des PRO repose sur la présence d'éléments chimiques d'intérêt agronomique et, le cas échéant, de matière organique. Les PRO sont différenciés par leurs teneurs en éléments majeurs (azote, carbone organique, phosphore, potassium, etc.), et couramment le paramètre dont l'étude permet de prévoir les effets « engrais » et « amendement » est le rapport carbone sur azote (C/N).

L'effet « engrais » des PRO

Certains PRO ont un effet « engrais », c'est-à-dire qu'ils apportent des éléments nécessaires à la croissance des cultures, sous une forme plus ou moins disponible pour les cultures. La présence d'azote et de phosphore dans les boues d'épuration est liée aux traitements ayant pour but la réduction des teneurs en azote et phosphore dans les eaux rejetées pour éviter le risque d'eutrophisation des milieux aquatiques récepteurs. Les teneurs en azote et phosphore dans les boues d'épuration dépendent du système d'assainissement (structure du réseau) et des traitements en station (déphosphatation, dénitrification, etc.). L'azote présent dans les effluents d'élevage est dû au métabolisme animal. L'intérêt agronomique ne repose pas uniquement sur la composition en éléments totaux des PRO, mais également sur la biodisponibilité des éléments chimiques et le comportement de la matière organique (MO). L'azote apporté par les PRO se trouve sous forme ammoniacale, nitrique et/ou organique. L'azote sous forme organique sera minéralisé au cours de processus biologiques, ce qui retarde et prolonge sa disponibilité. Le rapport C/N influence les processus biologiques de minéralisation en raison de la mobilisation d'azote pour dégrader les composés carbonés. Les PRO, selon leur origine, peuvent également être source de phosphore, potassium, calcium et

magnésium et d'oligo-éléments (fer, cuivre, zinc, sélénium, molybdène, cobalt, manganèse, etc.).

L'effet « amendement »

Les PRO ont aussi des effets « amendant » sur le sol ; amendement organique lorsque le carbone organique qu'ils apportent modifie les propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol, amendement basique lorsque le PRO fait augmenter significativement le pH du sol. D'après Chenu et Balabane (2001, *in* Tomis, 2013), Baize (2000) et Citeau *et al.* (2008), la MO participe à la fertilité physique, chimique, biologique du sol, et joue des rôles dans la qualité des cultures, de l'eau et de l'atmosphère (voir Annexe 1, p. 1 dans les annexes). Les PRO sont sources de MO plus ou moins stables (résistances physique et biologique). Cette stabilité dépend de l'association de cette MO avec les autres constituants du sol (Oades, 1995, *in* Citeau *et al.*, 2008), notamment la formation de complexe argilo-humique, et de la nature de la MO elle-même. Cela influence fortement le rôle de la MO sur l'écosystème : un produit organique très stable apportera au sol une MO qui se minéralisera lentement, tandis qu'un produit organique moins stable sera stimulateur de l'activité microbienne et se dégradera rapidement (Houot *et al.*, 2009). La complexité des MO du sol fait varier la biodisponibilité des éléments majeurs pour la plante (rétention des éléments). La MO joue donc un rôle tant sur l'effet « amendant » que sur l'effet « engrais ».

Typologie des PRO

Les effets engrais et amendement sont divers et dépendent de la composition des PRO, qui elle-même varie selon l'origine et les traitements subis par le produit. Par exemple, pour les effluents d'élevage, il existe une différence importante sur la teneur en phosphore (exprimée sous forme de phosphate P_2O_5) entre les effluents bovins et les effluents avicoles (respectivement 1,38 kilogramme de P_2O_5 par tonne de matière brute (kg P_2O_5 /tMB) et 26,30 kg P_2O_5 /tMB, moyennes sur les effluents du Bas-Rhin établies à partir de 267 échantillons de lisier bovin et 47 échantillons de fientes de volaille, Chambre d'Agriculture Bas-Rhin, 2013). De même, comme le montre le Tableau 1, les traitements font évoluer la composition des produits. Les nombreux procédés de production et traitements subis par les PRO d'origine non-agricole aboutissent à des PRO tout aussi diversifiés (voir Tableau 2 et Tableau 3). De fait, il existe un nombre important de PRO de composition et d'intérêt agronomique différents. La recherche ainsi que d'autres organismes, cherchent à établir une typologie des PRO pour refléter leur composition. Cette typologie permettrait

d'une part de mieux définir les domaines de compétences et d'expertise des organismes et d'autre part, d'établir des groupes homogènes de PRO vis-à-vis de leur composition et de leurs effets. Ce dernier point a pour but d'aider l'utilisateur à choisir son produit et d'extrapoler des références obtenues sur certains PRO à d'autres PRO du même groupe. La Figure 4 donne un aperçu d'une nomenclature de PRO (travail du Réseau PRO). Celle-ci permet d'appréhender la diversité des PRO mais a peu d'intérêt pour l'utilisateur puisqu'elle ne donne pas d'indications sur leur composition ni sur leur intérêt agronomique.

1.2.1.3. L'utilisation en agriculture

Définition du recyclage

Les effluents d'élevage sont largement utilisés depuis plusieurs millénaires et sont intégrés dans les systèmes d'exploitation. L'utilisation des produits d'origines urbaine et industrielle est elle-aussi très ancienne comme le faisait remarquer Victor Hugo au XIX^{ème} siècle : « *La science, après avoir longtemps tâtonné, sait aujourd'hui que le plus fécondant et le plus efficace des engrais, c'est l'engrais humain* » (dans Les Misérables, 1862 ; Syndicat Mixte de Recyclage Agricole du Haut-Rhin, 2013). Toutefois cette pratique est moins connue que l'utilisation des effluents d'élevage. En France, le recyclage agronomique des PRO non-agricoles passe uniquement par l'épandage agricole. Le recyclage de ces substances s'entend selon la législation du code de l'environnement comme « toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. » et précise que la valorisation énergétique ne constitue pas une opération de recyclage. (Article 541-1-1, Legifrance, 2010)

En France, environ 330 millions de tonnes de matières brutes (tMB) organiques sont recyclées chaque année en agriculture (Sabine Houot, 2005 in INRA et ACTA, 2009). Ces PRO sont issus de l'activité agricole (effluents d'élevage ; 300 millions tMB), des collectivités (boues issues du traitement des eaux, composts issus du traitement biologique des déchets municipaux, etc. ; 7 millions tMB), de l'activité industrielle (industries agro-alimentaires, papeterie, ... ; 23 millions tMB). A titre de comparaison, l'épandage de ces PRO représente un apport d'éléments fertilisants azotés du même ordre que les quantités d'engrais chimiques vendus chaque année en France. En 2012 dans le département du Haut-Rhin (zone d'expertise pour le SMRA68), le recyclage de PRO non-agricoles a concerné plus de 3 000 hectares de Surface Agricole Utile (2 % de la SAU totale haut-rhinoise) pour l'épandage de 11 747 tMS (voir la répartition selon l'origine des boues en Figure 5). En ce qui concerne les PRO issus de

l'agriculture, les élevages haut-rhinois produisent environ 4 729 t d'azote par an, soit environ 100 000 tMS (voir Figure 3, p. 6). Les surfaces recevant des effluents d'élevage sont importantes (théoriquement entre 27 et 28 000 ha).

Le choix du recyclage

Le retour au sol des PRO est classiquement la solution choisie par les éleveurs pour les PRO d'origine agricole. C'est aussi celle souvent retenue par les élus des collectivités locales pour les PRO d'origine urbaine, et parfois également pour les industriels (industries agroalimentaires, textiles, ou de papeterie). Ces choix sont principalement motivés par des raisons économiques.

En ce qui concerne les boues issues de l'épuration des eaux usées, le coût est supporté indirectement par les contribuables à travers leur facture d'eau¹. Les choix politiques locaux pour la gestion des boues sont répercutés sur les consommateurs du territoire. Le coût d'incinération représente environ 120 euros par tMB, 120 €/tMB (Valentin, communication personnelle, 2013), hors transport et stockage ; tandis que le coût de recyclage varie de 10 € (boues non traitées) à 80 €/tMB (boues compostées). Ceci explique souvent le recours au recyclage agricole par les collectivités.

Pour l'agriculteur, la filière recyclage agricole représente aussi un intérêt économique. En effet, étant donné la présence d'azote et de phosphore, les PRO se substituent, en partie, à l'utilisation des engrais chimiques. Il s'agit d'une économie qui, en pratique, « *peut se chiffrer entre 80 et 90 €/ha quand on prend en compte les engrais et le coût des passages* » (J.P. Gourdou, utilisateur de boues, *in* Thècle, 2009). Ce témoignage est à relativiser puisque l'économie varie selon les cours financiers des engrais et du carburant, le coût de la prestation d'épandage, et est plus ou moins perçue par les exploitations en fonction des cours des céréales (marge financière sur la production agricole).

Il est important de préciser que l'utilisation de certains produits résiduaux est exclue ou restreinte dans certaines filières agricoles. Des cahiers des charges, tels qu'Alsépi dont la production céréalière est à destination meunière, excluent l'utilisation des boues d'épuration issues des collectivités (Association de la Filière Pain Artisanal d'Alsace, 2009). L'agriculture biologique n'autorise pas ces boues non plus (EUR-Lex, 2008).

¹ La facture d'eau supporte les coûts des traitements éventuels de potabilisation de l'eau, de distribution de l'eau potable, de collecte des eaux usées par le réseau d'assainissement, d'épuration, du traitement des déchets issus de l'épuration (déchets grossiers, graisses, sables, boues), ainsi que du coût de l'entretien de toutes les installations.

Statut des PRO et conditions pour le recyclage

Les PRO sont considérés comme déchets d'une activité par leur producteur. Au sens juridique, la notion de déchets est définie par l'intention de son possesseur : « *toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire* » (Legifrance, 2010). Les produits résiduaux répondent à cette définition. Les filières de valorisation agronomique des PRO d'origine non-agricole imposent des critères sur l'intérêt agronomique et sur l'innocuité. Si le PRO n'est pas conforme à ces critères, il doit être éliminé soit par incinération, soit par enfouissement en décharge. Au sens réglementaire, les PRO quittent le statut de déchets s'ils sont destinés à l'épandage agricole grâce à :

- une homologation : elle est délivrée par le ministère de l'agriculture, pour une période de 10 ans, après la réalisation de tests d'innocuité et avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.
- une normalisation : les composts sont considérés comme des produits dès lors que le fabricant revendique leur conformité à la norme d'application obligatoire et qu'elle est respectée :
 - NF U 44-095 pour les composts obtenus à partir d'un mélange de boues résiduaux du traitement des eaux et de déchets verts,
 - NF U 44-051 pour les composts issus de déchets verts, d'effluents d'élevage et de la fraction fermentescible des ordures ménagères.

Si le PRO n'est ni homologué ni normalisé et que sa valeur fertilisante est reconnue, le statut est celui du déchet (voir Figure 6). La gestion des PRO est différente suivant le statut, notamment en termes de responsabilité.

Pour les PRO ayant un statut « déchet », la loi prévoit un plan d'épandage. Dans le Haut-Rhin, chaque producteur de boues valorisant ses boues en agriculture doit fournir un répertoire des parcelles (parcelles pouvant recevoir des PRO sous statut déchet), un plan d'épandage prévisionnel et un bilan annuel des épandages réalisés. Pour les boues gérées sous statut de déchets, la loi du 30 décembre 2006 a permis de mettre en place un fonds de garantie en 2009 (Legifrance, 2006). Ce fonds de garantie couvre le risque de pollution qui pourrait survenir pour des « *raisons inconnues au moment où le risque a été pris* » (Ferstler, 2010) et qui serait décelé ultérieurement à l'utilisation des produits, suite « *au développement des connaissances scientifiques et techniques dans le temps* » (Thourot, 2010).

1.2.2. Un contexte en évolution

La filière de recyclage agricole est dynamique et s'adapte au contexte économique, environnemental et politique. Si les boues des stations d'épuration des eaux usées constituaient un déchet destiné aux centres d'enfouissement technique avant les années 1990, elles sont maintenant valorisées sur les territoires où elles sont produites. Dans une logique d'économie circulaire dans laquelle « *les déchets [sont transformés] pour la conception des produits ou pour d'autres utilisations* » (Lambert, 2013), les PRO constituent une matière à utiliser et non plus un déchet. En agriculture, le retour au sol des matières organiques permet d'intégrer des éléments fertilisants aux cycles des éléments (azote, potasse, phosphore...). Dans notre société qui se revendique du développement durable, la réduction des déchets autant que leur valorisation sont une nécessité environnementale, une utilité pour le bien-être social et une opportunité économique. Ainsi, le recyclage agricole est vivement encouragé.

1.2.2.1. La réglementation : entre complexité et levier d'action

La réglementation sur le retour au sol des PRO est complexe. D'une part, elle a pour but de maîtriser le risque potentiel de pollution liée à l'utilisation de ces produits (composition au regard de seuils, fréquences d'analyses), et d'autre part elle constitue un levier d'action pour l'utilisation des PRO (instrument politique d'action coercitive ou incitative).

Légiférer et réglementer pour maîtriser les risques

Les produits résiduels contiennent des contaminants (éléments traces métalliques ETM, composés traces organiques CTO, microorganismes d'intérêt sanitaire) en quantité variable ; le recyclage des PRO peut comporter un risque pour le milieu récepteur. C'est pourquoi au nom du principe de précaution, l'épandage des PRO d'origine non-agricole est particulièrement encadré par la réglementation. Notons que les exigences réglementaires sont en évolution constante pour limiter les risques (révisions régulières à la baisse des seuils autorisés pour les ETM et les CTO). Le nombre de textes applicables est important (voir aussi l'Annexe 2, p. 2 des annexes), ils sont établis à différentes échelles (internationale, nationale, parfois locale), et dans différents domaines (environnement, agriculture, commerce, assurances, etc.). La législation comprend entre autres :

- Des règlements et directives européens, notamment la directive 86/278/CEE dite « Directive Boue » et Directive 91/676/CEE dite « Directive Nitrates » ;
- Le code français de l'environnement notamment les articles concernant la protection des sols et des eaux ;

- Le code français rural, notamment les articles relatifs à la commercialisation et l'utilisation de produits fertilisants ;
- Des décrets et des arrêtés ministériels ou préfectoraux pour l'application des lois.

Notons que les directives européennes sont transcrites en droit français dans les codes et dans les décrets et arrêtés. Régulièrement, ces différents textes et leur application sont précisés et explicités aux agents des services déconcentrés de l'Etat (préfets) par des circulaires des ministères de l'agriculture et/ou de l'écologie. Par exemple, la circulaire du 28/06/2001 relative à la gestion des déchets organiques donne de nombreuses indications sur l'intérêt agronomique de ces matières et sur l'orientation souhaitée par l'Etat à l'intention des préfets (INERIS, 2001). Tous ces textes précisent entre autres la composition et l'utilisation des produits résiduels. La directive Boue (Directive 86/278/CEE, EUR-Lex, 1986) indique des fourchettes pour les teneurs en éléments traces maximales dans les sols pouvant recevoir des boues et dans les boues pouvant être épandues, ainsi que les flux maximaux en éléments traces pouvant être épandus par hectare sur une période de dix ans. Cette directive est transcrite dans le code de l'environnement et mise en application notamment par l'arrêté ministériel du 8 janvier 1998, qui fixe les teneurs, ainsi que les flux cumulés sur dix ans. La directive Nitrates est transcrite en droit français dans le code de l'environnement et mise en application par l'arrêté ministériel du 19 décembre 2011 (Legifrance, 2011), et localement par un arrêté préfectoral interdépartemental. Y sont précisées les dates et conditions d'épandage pour tous les produits fertilisants, les quantités d'azote apportées par les effluents organiques, ainsi que la préconisation de l'implantation de cultures intermédiaires.

La réglementation comme instrument coercitif

Par l'étude de la réglementation nationale et européenne, il est facile d'observer la volonté politique des autorités de soutenir cette filière. Ainsi, la réglementation participe fortement aux changements ayant lieu actuellement dans la filière de recyclage agricole et ce depuis les années 1990 :

- Au niveau français, depuis 1992 : le gouvernement prévoit la fin de la mise en décharge des boues d'épuration. De nombreux centres techniques d'enfouissement ferment leurs portes entre 1990 et 2000. Une quantité importante de boues est redirigée vers le recyclage agricole.
- Au niveau européen : en 1997, le Conseil de l'Union Européenne engage l'Union européenne vers une gestion plus vertueuse des déchets par « *des niveaux accrus de réutilisation, de recyclage et de valorisation [des déchets]* » (Conseil de l'Union

européenne, 1997). Dans le cadre de la directive européenne de 2008 (Directive 2008/98/CE)², les modes de gestion des déchets sont hiérarchisés en fonction de leur vertu environnementale : a) prévention ; b) préparation en vue du réemploi ; c) recyclage ; d) autre valorisation, notamment valorisation énergétique ; e) élimination. » (codifié dans l'article L541-1 du code de l'environnement).

Plus récemment ces volontés ont été réaffirmées dans le cadre du Grenelle de l'Environnement de 2007. En effet, la loi Grenelle I contient des objectifs de réduction de l'incinération et du stockage des déchets.

L'Union européenne montre elle aussi un souhait d'encourager la valorisation agricole des PRO. Par le Règlement « End-of-Waste » européen (toujours en discussion), elle affirme également sa volonté de réguler cette valorisation par l'accessibilité à un statut « produit » commun à l'ensemble des Etats-membres et permettant le libre échange et la libre circulation.

1.2.2.2. Nouveaux produits liés au contexte écologique

De façon régulière, de nouveaux produits sont générés sur les territoires. Avec le Grenelle de l'Environnement (Grenelle II), le développement de projets « Energie » a entraîné la production de nouveaux produits. Les enjeux liés aux gaz à effet de serre et au stockage de carbone pourront également encourager au recyclage de PRO.

Le Plan Energie Méthanisation Autonomie Azote (EMAA) annoncé en mars 2013 a deux objectifs (1) encourager l'utilisation des PRO en agriculture (principalement les effluents d'élevage) pour diminuer le recours aux engrais de synthèse et (2) « *développer la méthanisation collective de taille intermédiaire dans les exploitations agricoles* » (Ministère de l'agriculture, 2013). Dans le cadre de ce plan, la méthanisation est principalement réalisée à partir des effluents d'élevage. Il est prévu un parc français de 1000 unités de méthanisation dans les exploitations agricoles d'ici 2020, créant ainsi localement de l'énergie et une source de fertilisant par la production de digestat de méthanisation. Le Haut-Rhin ne fait pas exception à cet essor. Par exemple, en 2010, Agrivalor Energie a mis en place une unité de méthanisation générant environ 24 000 m³ de digestat par an à terme. D'autres digesteurs seront installés en Alsace sous l'impulsion du plan EMAA, de l'ADEME et de la région Alsace. Le processus de méthanisation conserve les éléments majeurs (azote en partie, phosphore, potassium) et les oligo-éléments apportés par les matières premières entrant dans

² L'article 4 de la directive 2008/98/CE est transcrit dans la législation française par l'article 541-1 du code de l'environnement.

le digesteur (ADEME *et al.*, 2011) ; les digestats ont donc un intérêt agronomique pour les sols agricoles.

Certaines initiatives ont pour but de rassembler des gisements actuellement éparpillés sur le territoire, comme par exemple, la collecte séparée de la fraction fermentescible des ordures ménagères, la collecte des biodéchets dans les grandes surfaces.

L'ADEME, sous l'impulsion du Grenelle de l'Environnement, a parallèlement subventionné un grand nombre de chaudières biomasse en Alsace. Tous les procédés d'incinération sont à l'origine de cendres qui peuvent, selon la nature de la biomasse utilisée être valorisées en agriculture (seules les cendres sous foyer sont potentiellement concernées). Ces matières contiennent des minéraux, notamment des oligo-éléments utiles pour les sols parfois carencés en zone de grandes cultures.

La prise de conscience de la perte de MO dans un certain nombre de sols pousse les techniciens agricoles et les chercheurs à proposer des solutions pour contrer le phénomène d'épuisement des sols (Réseau Mixte Technologique RMT Sols et Territoires, 2012). Parmi ces solutions, les chercheurs mettent en avant le *biochar* (terme anglo-saxon désignant la matière issue de la carbonisation ou pyrolyse de la biomasse), un produit à fort taux de carbone organique (Phuong, 2013). Ce produit connaît un vif enthousiasme en raison de son rôle de séquestration du carbone (Biochar International, 2013). Le taux élevé de carbone immobilise une partie de l'azote ; ainsi, le *biochar* ralentit la minéralisation (Lopez-Cano *et al.*, 2013).

Ces produits constituent de nouveaux produits à valoriser sur le territoire soulevant parfois des questions sur leur intérêt agronomique, leur innocuité et les impacts environnementaux qu'ils peuvent entraîner.

1.2.3. Rôle et objectifs de la recherche et du développement pour la filière de recyclage agricole

Si le recyclage agricole est une pratique commune et pleinement intégrée aux systèmes d'exploitation pour certains PRO (exemple ex : fumier), il est beaucoup moins courant pour d'autres produits (ex : cendres) pour lesquels l'intérêt agronomique reste à démontrer. De plus, en raison des risques sanitaires, la réglementation établit des seuils et des flux sur certains produits utilisés et pose des exigences sur les caractéristiques des milieux récepteurs. L'utilisation des PRO et les choix réglementaires doivent s'appuyer sur des éléments

vérifiables et opposables pour les pouvoirs publics et acteurs des filières. La recherche se donne notamment pour objectif de fournir ces repères.

1.2.3.1. Le recyclage agricole : une pratique qui suscite des interrogations

En raison du nombre croissant de PRO et de l'évolution de leur composition, ainsi que des nouvelles problématiques de l'agriculture (qualité des récoltes, préservation des sols, etc.), les agriculteurs et leurs conseillers techniques sont susceptibles de se poser des questions.

L'image des épandages de PRO d'origines urbaine et industrielle a longtemps été négative car synonyme de pollution des sols (notamment par les ETM), en raison de l'utilisation du terme de « déchets » pour la désignation des PRO et de l'utilisation passée de PRO chargés en contaminants (pollution de sols près de la station d'épuration d'Achères, 78 ; Baize *et al.*, 2006). Dans l'audit de filière réalisé par l'Institut de l'Élevage en 1994 pour le département du Haut-Rhin, Christine Guinamard (1995) révèle « *un besoin d'information et de clarification sur [les boues] avec une focalisation sur les métaux lourds* », car les agriculteurs « *expriment des craintes* » sur l'existence d'éléments traces métalliques dans les boues. Les risques causés par les ETM sont l'accumulation dans les sols (éléments non biodégradables), le transfert vers d'autres parties de l'écosystème (dont les plantes), ou l'accumulation dans la chaîne alimentaire. D'autres questions sont posées notamment sur les CTO. Ce sont des molécules telles que les pesticides, hydrocarbures et détergents, et leurs métabolites.

En 1994, l'étude menée par l'Institut de l'Élevage auprès des acteurs de la filière recyclage agricole du Haut-Rhin, a mis en évidence un manque de connaissance sur l'intérêt agronomique car les boues sont perçues « *comme un amendement et non comme un engrais* », si bien que la valeur fertilisante n'était pas toujours intégrée au raisonnement du plan de fumure. Grâce à la recherche et à la communication, aujourd'hui, de plus en plus d'agriculteurs du Haut-Rhin tiennent compte de la valeur fertilisante autant que de la valeur amendante (basique et/ou organique). Cependant, il existe encore des interrogations sur les services rendus par l'épandage de PRO.

1.2.3.2. La recherche comme facilitateur des pratiques

Jean Masson (ex-président du Centre INRA de Colmar) affirme dans éditorial « Journée technique « Retour au sol des PRO » - Colmar, 27/11/2007 » (Denais *et al.*, 2007) que faire de la recherche « *c'est aussi accepter d'aborder des sujets difficiles comme les porte-greffes*

OGM en lien avec la vigne ou le recyclage des PRO en agriculture. Si les deux sujets sont très différents, tous deux génèrent des inquiétudes et des réactions parfois hostiles de la part de nos concitoyens. ». La recherche ne doit pas éviter de tels sujets, ou fournir « *des réponses partielles ou de circonstance* ». Des réponses inexistantes ou incomplètes laisseraient des questions « *en héritage à nos enfants, à la terre* ». C'est donc sur un « *principe de responsabilisation, de mobilisation et d'action* » et pour éviter « *l'immobilisme d'un principe de précaution excessif* » que la recherche s'attèle au sujet de l'impact de l'épandage des PRO.

La recherche et le développement représentent un soutien essentiel pour la pérennité des filières. Afin de maintenir et développer la filière de recyclage agricole, il est donc essentiel que les organismes de recherche et d'expertise soient attentifs aux questions des acteurs du terrain et anticipent les évolutions pour répondre aux nouvelles interrogations soulevées. Ainsi les acteurs de la filière resteront confiants dans leurs pratiques et les maintiendront.

Entre 1995 et 2009, le SMRA68 et l'ARAA ont mené deux expérimentations de plein champ de longue durée (12 et 7 ans) dans le but de répondre aux questions des agriculteurs sur le risque de contamination des sols et des cultures par les ETM notamment.

Devant le nombre croissant de quantités et surtout de formes de PRO, « *il devient important de connaître la nature de plus en plus diversifiée des produits à épandre et leurs effets après épandage si l'on veut pérenniser la filière et optimiser l'utilisation de ces productions en fonction des caractéristiques des cultures et des sols.* » (ACTA, 2011). La mise au point et l'amélioration des méthodes et protocoles d'analyse sont donc utiles à une meilleure caractérisation des produits et à leur meilleure utilisation. En dehors de la connaissance des PRO sur leur composition biochimique, il faut étudier leur comportement dans le sol et faire le lien entre une caractérisation au laboratoire et les impacts du PRO au champ, pour le sol, la vie microbienne, mais aussi pour les cultures, les eaux ou l'air.

1.2.3.3. Besoin de structuration et mutualisation de la recherche

Au niveau national, beaucoup d'essais de plein champ et de longue durée ont été mis en place sur les PRO. Ces essais sont coûteux (en moyens humains et financiers) et leur nombre au sein d'une organisation est souvent limité en raison de leur durée. De nombreux résultats ont été obtenus à travers la France, dans des contextes pédoclimatiques variés. Dans le but de créer des synergies et de mutualiser les données acquises, plusieurs réseaux ont été mis en place en France :

- Réseau Système d'Observation et d'Expérimentation, sur le long terme, pour la

Recherche en Environnement sur les Epanrages de PROduits résiduaaires dits « SOERE-PRO » : réseau d'essais de recherche mené par l'INRA centre de Grignon (Yvelines), dont la plateforme « PRO'spective » de Colmar (68) fait partie (pilotage par INRA ECG, INRA Colmar, SMRA68 et ARAA).

- « Réseau PRO » : (voir partie 1.1.3 Réseau PRO, p. 4) réseau d'essais du développement dont les sites d'Ensisheim (68) et de Bergheim (68) font partie.

Grâce à ces réseaux (notamment le Réseau PRO), des bases de données vont être formées regroupant les résultats de nombreux essais. A partir de ces données, des traitements statistiques inter-essais pourront mettre en évidence de nouvelles tendances ou permettre l'extrapolation de certains résultats. Ces réseaux permettront donc un meilleur échange entre les organismes ayant mené des recherches. L'ambition de ces réseaux est d'aussi d'établir des protocoles communs pour améliorer la mutualisation de futurs essais.

1.3. Initiation de l'étude

1.3.1. Problématique

Depuis les années 1990, le contexte de recyclage a évolué tant au niveau réglementaire qu'au niveau des produits existants. La filière s'est structurée dans le Haut-Rhin. Les interrogations des acteurs ont donc évolué. Dans un souci de pérennité et de développement de la filière, il est essentiel que la recherche reste dynamique et anticipe les évolutions du recyclage agricole, tout en restant en phase avec les interrogations des acteurs du terrain.

L'arbre à problème (voir Figure 7) illustre en quoi les questions peuvent être une difficulté pour la filière, voire la société dans son ensemble. Plusieurs causes sont à l'origine de ces interrogations, qu'elles soient persistantes ou nouvelles, entre autre le déphasage entre la recherche et le terrain. Cela aboutit notamment à des recherches insatisfaisantes pour les acteurs du terrain, ou des réponses peu concrètes pour un usage pratique. *C'est pourquoi il faut connaître les questions que se posent les acteurs du terrain sur les effets agronomiques et environnementaux des PRO, savoir si les réponses existent, et dans le cas contraire, comment il est possible de produire ces réponses.* L'arbre à solution (Figure 8) illustre les leviers d'actions de la recherche pour répondre aux questions, dont le rapprochement entre la recherche et les interrogations du terrain.

1.3.2. Etapes de travail

Dans cette optique, l'étude réalisée doit permettre, d'une part, de faire un état des lieux sur les expérimentations passées et, d'autre part, de déterminer quelles sont les interrogations des acteurs en ce qui concerne les effets environnementaux et agronomiques des épandages de PRO. Puis, par comparaison des interrogations avec les réponses fournies par la recherche, elle doit définir :

- quelles sont les interrogations des acteurs de la filière de recyclage agricole en Alsace pour lesquelles les résultats sont connus (connaissance scientifique existante non-communiquée au terrain ou non-assimilée par les acteurs),
- quelles sont les questions qui peuvent trouver une réponse grâce à l'exploitation des données issues des expérimentations de longue durée locales mutualisées à l'échelle nationale,
- quelles sont les nouvelles interrogations ou les questions qui restent sans réponse, auxquelles il faudra proposer des moyens pour y répondre.

Les différentes étapes de travail sont les suivantes :

1) Définir les questions du terrain sur les effets des PRO

La première étape de travail est de définir correctement le cadre de travail. Cela aboutit entre autre à la rédaction du cahier des charges de l'étude, notamment le travail de définition de la filière et de ces acteurs. A partir de cette carte de filière, certains acteurs sont choisis pour être interrogés au cours de l'enquête. Afin de pouvoir valoriser correctement les enquêtes, des guides d'entretien sont conçus. L'analyse du contenu de l'enquête met en évidence des questions soulevées par les personnes enquêtées, les agriculteurs ou d'autres acteurs du territoire. Les questions sont regroupées par thématique et hiérarchisées selon l'intérêt qu'y portent les acteurs. Cette première partie de la mission permet de répondre à la question : quelles sont les questions que se posent les acteurs de la filière de recyclage agricole ?

2) Savoir quelles sont les thématiques sur lesquelles les données déjà acquises permettent d'apporter des connaissances.

En parallèle, les contenus et la qualité des résultats fournis par deux expérimentations de moyenne durée menées dans le Haut-Rhin sont analysés. Cela permet de répondre aux questions : quelles sont les thématiques pour lesquelles il est possible de fournir des résultats fiables ? et secondairement, quelles sont les variables qui occasionnent des difficultés d'interprétation ?

- 3) Définir quelles sont les questions pour lesquelles il existe des réponses partielles ou totales.

A partir des questions soulevées lors de l'enquête et des résultats des expérimentations locales, il est mis en évidence pour quelles questions il existe déjà des connaissances. Cela est complété par des données bibliographiques et des dires d'experts.

- 4) Repérer quelles sont les questions qui n'ont pas de réponses ou bien des réponses partielles et proposer des pistes pour y répondre.

Pour les questions restantes, la façon dont la recherche peut y répondre est discutée (type d'expérimentations, etc.).

- 5) Proposition d'un plan d'action et remarques.

Le plan d'action comprend les expérimentations pouvant être mises en œuvre, des suggestions de partenariats.

1.3.3. Définition du champ d'étude

Le travail à mener ici est basé sur une étude de filière. Il convient tout d'abord de délimiter cette filière au niveau des produits, de leur utilisation (filières agricoles recevant ces produits), de la zone géographique d'étude.

1.3.3.1. Champ géographique d'étude

L'étude porte, avant tout, sur la filière de recyclage agricole du département du Haut-Rhin (68, Alsace). En effet, cette zone possède certaines caractéristiques originales qui en font un territoire dynamique dans le domaine des épandages de PRO (densité démographique élevée, filière de recyclage basée sur le compostage, déséquilibre des sources d'effluents d'élevage sur le territoire, le SMRA68 qui est l'organisme indépendant des producteurs de boues pour le Haut-Rhin désigné par le préfet est une structure indépendante de la chambre d'agriculture et les moyens humains à disposition de l'expertise et du suivi des épandages de PRO non-agricoles sont plus importants que dans les départements limitrophes, etc.).

L'étude principale de la filière se déroulera dans le Haut-Rhin. La consultation de quelques acteurs en dehors de la zone d'étude primaire (Bas-Rhin, bassin hydrographique Rhin-Meuse) aura pour but d'appréhender les ressemblances éventuelles de questions et le cas échéant d'envisager des synergies interdépartementales ou interrégionales pour répondre aux interrogations communes.

1.3.3.2. Délimitation de la filière

Les termes de « recyclage agricole » et de « produits résiduaux organiques » sont peu précis dans le cadre d'une étude. Il a donc fallu définir en premier lieu ce qui était compris par ces termes. Nous avons défini les produits concernés (filière d'origine et transformations) et les filières agricoles concernées (filières d'utilisation/de valorisation).

Il existe de nombreux PRO pouvant être valorisés en agriculture. Nous avons donc choisi d'étudier les produits existants ou qui pourraient exister (présence de gisements potentiels). Un nombre important de ces produits peuvent subir des transformations : traitements physiques et thermiques, traitement par addition d'autres produits, traitements biologiques, etc. pour améliorer la qualité physique, la manipulation, l'innocuité ou la valorisation du produit brut. Les produits issus de ces transformations sont également compris dans les PRO étudiés. Les PRO issus des exploitations agricoles (fumiers, lisiers...) font partie du domaine d'étude, même s'ils ne font pas partie du domaine de compétences du SMRA68.

Le nombre de filières agricoles visées par l'étude est restreint en raison du calendrier et des moyens à disposition. Le maraichage et l'arboriculture ont été exclus en raison des petites surfaces concernées (moins de 1 % de la SAU haut-rhinoise, voir Figure 9). Même si elle représente une part importante de la richesse produite par l'agriculture du Haut-Rhin (79 % de la Production Brute Standard³ pour 6 % de la SAU, voir Figure 10), la viticulture a également été exclue, car les pratiques sont très différentes (culture pérenne). Les filières agricoles étudiées se limitent aux grandes cultures et aux prairies (90 % de la SAU du Haut-Rhin).

1.3.3.3. Thématiques d'étude

L'étude porte sur les effets agronomiques et environnementaux de l'épandage de PRO sur les différents compartiments (sol, plante, eau, air). L'étude ne s'attardera pas sur des questions d'ordre économique, commercial ou juridique, même si tous ces thèmes pourront être abordés. Les effets agronomiques représentent les effets engrais et amendement des PRO. Les effets environnementaux et sanitaires comportent des impacts négatifs (apports de polluants) et des effets positifs (séquestration de carbone, etc.). La liste ci-contre (Tableau 4) présente tous les aspects qui pourront être abordés au cours de l'étude.

³ La production brute standard est une méthode utilisée par le ministère de l'agriculture pour estimer la richesse produite par les activités agricoles d'un territoire à partir des surfaces utilisées par production. Les valeurs de la production brute standard sont régionalisées pour tenir compte des différences de rendement.

1.3.3.4. Acteurs concernés

La filière recyclage agricole fait intervenir des acteurs publics et privés, intervenant dans des domaines différents (assainissement, industrie, agriculture, production d'énergie), etc. Cependant les enjeux forts liés à cette filière exigent de la part des acteurs un travail commun et partenarial. Le SMRA68, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM) et les prestataires privés de suivi agronomique sont des organismes qui tiennent un rôle central pour la filière de recyclage des PRO non-agricoles. La Figure 11 présente l'ensemble de ces acteurs et leurs liens. Cette filière agricole est particulière car elle comprend des acteurs non-agricoles (collectivités et industries), et s'appuie sur des acteurs non-existants dans les autres filières (notamment les prestataires de suivi agronomique de l'utilisation des PRO non-agricoles).

2. Matériel et méthode

2.1. Enquêtes auprès des acteurs

L'objectif de cette seconde étape est de relever les lacunes dans les connaissances des acteurs du recyclage agricole et de recenser leurs questions.

2.1.1. Méthode d'enquête

2.1.1.1. Discussion et choix de la méthode

Les acteurs de la filière n'ont pas été interrogés depuis un certain nombre d'années (1994 ou 2002). Le contexte a beaucoup évolué et le renouvellement du personnel travaillant dans les différents organismes peuvent faire penser que les préoccupations ont également évolué depuis la dernière consultation.

L'étude a pour but de créer une nouvelle connaissance sur les questions que se posent les acteurs de la filière de recyclage agricole à propos des impacts environnementaux et agronomiques de l'épandage de PRO. Ces questionnements sont portés :

1. par les acteurs du terrain (voir partie 1) :
 - Les agriculteurs utilisateurs de PRO
 - Les personnes qui les accompagnent :
 - o Les conseillers agricoles des chambres d'agriculture
 - o Les techniciens agricoles des coopératives ou du négoce
 - o Les prestataires privés de suivi agronomique des épandages de PRO non-agricoles (suivi analytique des sols et des PRO, organisation des épandages)
 - o L'enseignement agricole
2. par la recherche appliquée (support pour les acteurs du terrain) :
 - les services ou organismes de recherche et de développement
3. par les experts reconnus de la filière de recyclage agricole :
 - les organismes indépendants des producteurs de boues issues des stations d'épuration, appelés « Mission Boues ».

Il s'agit donc d'aller chercher l'information auprès de ces acteurs et de la synthétiser.

Les enquêtes sociologiques cherchent à connaître les pratiques et les points de vue au sein d'une population. Au sens ethnographique, réaliser une enquête de terrain, « *c'est rendre la*

parole aux humbles » (Beaud et Weber, 2010). Le but de cette enquête est de percevoir les représentations sociales des acteurs du monde agricole sur la filière de recyclage agricole, et notamment d'appréhender leurs questions sur les effets de l'utilisation des matières organiques sur l'agrosystème.

Les représentations sociales sont constituées par les images, les croyances, les opinions et les sentiments et raisonnements des personnes. Elles sont issues de la culture familiale et professionnelle, de l'histoire personnelle de la personne, etc. Martin (2005, *in* Kling-Eveillard *et al.*, 2012) affirme que « *les représentations restent déterminantes des comportements individuels et collectifs. Elles sont à la fois le résultat d'une socialisation et le point de départ d'actions. Elles sont des « guides pour l'action » et renseignent sur les motivations des individus et sur la compréhension des déterminants, des comportements et des pratiques. En fait les hommes réagissent non seulement au caractère objectif d'une situation, mais aussi et surtout à la signification qu'ils donnent à cette situation* ». L'enquête s'attache à percevoir plusieurs niveaux de représentations sociales : tout d'abord sur l'utilisation des PRO en général, puis sur le rôle de la recherche en particulier, et enfin sur l'utilité de l'expérimentation de plein champ.

Au cours d'une enquête sociologique, trois niveaux d'analyse peuvent être visés (Kling-Eveillard *et al.*, 2012, Figure 12) :

- connaissances
- attitudes et façons de penser
- comportements et façons de faire.

Pour chaque individu, ces trois niveaux sont interdépendants les uns des autres, mais peuvent parfois être contradictoires.

L'enquête auprès des acteurs peut être de type qualitatif ou quantitatif. Pour chacun des cas, les objectifs sont différents. Les enquêtes quantitatives ont pour but de chiffrer la diversité, tandis que les enquêtes qualitatives « *visent à comprendre et identifier la diversité* » (Kling-Eveillard *et al.*, 2012). Parfois, il sera nécessaire de réaliser ces deux types d'étude successivement : l'enquête qualitative suivie de l'enquête quantitative. Le choix de la méthode dépend des objectifs de l'étude, de la complexité de la filière et des moyens mis en œuvre pour l'étude. En ce qui concerne le mode d'interrogation des acteurs, les enquêtes quantitatives se déroulent par questionnaire et les enquêtes qualitatives peuvent se dérouler par des entretiens semi-directifs ou des entretiens ouverts.

Dans notre étude, nous nous intéressons aux attitudes et façons de penser des acteurs (quels sont leurs freins, leurs motivations et leurs attentes). Pour comprendre et mieux appréhender ces attitudes, il convient d'abord de s'intéresser à leurs pratiques (comportements, façons de faire) et si besoin à leurs connaissances, puisque l'étude s'intéresse à déterminer les manques de connaissances ressentis par les acteurs. L'étude s'intéresse particulièrement à faire le tour des questions que se posent les acteurs. Il s'agit donc de voir la diversité de ces interrogations. Au vu des objectifs de l'étude, l'enquête qualitative est l'outil le mieux adapté. Le sujet abordé est complexe pour ces acteurs qui sont souvent peu interrogés par des agents extérieurs sur leurs attentes (cas des experts) ou bien dont les PRO ne sont pas leur sujet principal (cas des conseillers agricoles). De plus, la filière est complexe et les enjeux sont nombreux. Il est donc préférable de conduire des entretiens de type semi-directif avec une structure forte pour bien centrer les réflexions sur les effets agronomiques et environnementaux de l'épandage des PRO.

2.1.1.2. Echantillonnage et guides d'entretien

Echantillonnage

L'étude a pour but de repérer toutes les questions que se posent les acteurs du terrain et de la recherche appliquée, sur les impacts agronomiques et environnementaux des épandages. Cela nécessite de rencontrer un nombre de personnes suffisant pour relever toutes les réflexions formulées par les acteurs, c'est-à-dire jusqu'à épuisement de la création de nouvelles informations pour repérer toute la diversité des questions que se posent les acteurs.

Au vu des moyens disponibles pour cette enquête, il a été décidé que les agriculteurs (utilisateurs finaux des PRO) ne seraient pas directement audités, dans un premier temps. Certains agents ayant un rôle central auprès des exploitants agricoles, ils sont considérés comme relais d'opinion des utilisateurs finaux, agents-pivot ou informateurs-clés. Ce sont ces relais qui ont été rencontrés. Ces personnes sont divisées en plusieurs groupes selon deux critères :

- D'une part, leur rôle auprès des agriculteurs (critère descriptif) :
 - Rôle de conseil et forte proximité avec les agriculteurs
 - Rôle d'expertise et faible proximité avec les agriculteurs
- D'autre part, leurs connaissances supposées sur les PRO (critère technique) :
 - Connaissances importantes sur les PRO et leurs effets
 - Connaissances plus faibles sur les PRO et leurs effets.

Ces deux critères permettent de dégager quatre groupes de personnes à interroger (Tableau 5). Le choix des personnes enquêtées a été décidé selon les contacts du SMRA68 et de l'ARAA (personnes de mêmes réseaux, disponibilité des personnes, proximité avec les agriculteurs). Cela est un biais non négligeable, mais rendent l'organisation et le déroulement de l'enquête plus efficaces.

Hypothèse de travail

L'acteur principal de la filière, l'utilisateur final, c'est-à-dire les agriculteurs, n'a pas été contacté directement pour les entretiens semi-directifs., car les moyens (calendrier, moyens techniques) ne le permettaient pas. La consultation des personnes qui les accompagnent dans leur travail (conseillers) sous-entend que :

« Les conseillers agricoles et les prestataires privés sont des sources d'information pour les agriculteurs et des repères. Les agriculteurs leur font part de leurs interrogations. Ils constituent un relais d'opinion et reflètent, avec un certain biais (regard subjectif), les questions des agriculteurs. »

Il s'agit là d'une hypothèse de travail, qu'il est indispensable de vérifier. L'enquête qualitative auprès de l'échantillon présenté ci-dessus est validée par des entretiens téléphoniques de courte durée, de type ouvert, auprès de plusieurs agriculteurs. Cette enquête de type qualitative s'attarde sur l'attitude des agriculteurs face à l'utilisation des PRO (voir p. **Erreur ! Signet non défini.** la Figure 12 ou dans la partie 2.1.1.1 Discussion et choix de la méthode, p. 223). Pour l'échantillonnage, deux critères ont été choisis :

- D'une part, leur utilisation des PRO
 - o Utilisation d'effluents d'élevage (éleveurs)
 - o Utilisation d'autre(s) PRO (apports de produits externes)
 - o Utilisation d'effluents d'élevage et d'autres PRO.
- D'autre part, leur zone géographique. Parmi les régions agricoles haut-rhinoises (voir Figure 13), trois zones ont une importance majeure pour les épandages de PRO : le Sundgau (collines limoneuses avec élevages bovins), la Hardt (plaine caillouteuse avec maïs irrigué et quelques élevages porcins) et le reste de la plaine (zone céréalière avec beaucoup d'utilisateurs de PRO non-agricoles et quelques élevages bovins).

Les résultats de ces enquêtes téléphoniques rapides seront comparés à ceux de la première enquête auprès des conseillers agricoles et organismes de recherche et développement (R&D). Ces derniers sont interrogés de façon plus approfondie.

Guides d'entretien

Etant donné la diversité des liens entre les enquêtés et les agriculteurs et les PRO, plusieurs guides d'entretien ont été utilisés. Les guides sont disponibles en Annexes 3, 4 et 5, p. 5 des annexes. La structure des guides et les thèmes abordés sont les mêmes, seules changent les questions. Il s'agit de guides semi-directifs à structure forte. Cela permet de bien cibler le sujet (structure forte) tout en laissant l'enquêté libre de ses réponses (semi-directif).

Chaque guide est formé par :

- Une partie introductive : présentation de l'enquêteur et du sujet d'étude.
- Plusieurs questions ouvertes (soutenues de relances ou sous-questions) qui suivent les thèmes suivants :
 - 1) présentation de l'enquêté, son activité et son rôle dans l'organisme
Objectif : comprendre l'activité et les enjeux de l'organisme, le type de relation qu'il entretient avec les agriculteurs.
 - 2) les épandages de PRO en pratique
Objectifs : savoir quels sont les produits et les pratiques d'épandage auxquels il est confronté, savoir quel intérêt y portent les agriculteurs selon lui, les avantages et les inconvénients qu'il y voit.
 - 3) les effets de l'épandage des PRO et les questions qu'ils suscitent
Objectif : savoir s'il a des questions sur les effets des PRO, et le cas échéant lesquelles, comprendre ce qui l'amène à se poser des questions.
 - 4) la prise d'information et le rôle de la recherche
Objectif : savoir quels sont les organismes de références et quels sont ses réseaux, connaître son point de vue sur les expérimentations.
 - 5) sa position sur l'épandage des PRO
- Le talon sociologique de la personne interrogée (notamment l'ancienneté dans l'entreprise et le lien direct ou non avec les agriculteurs).

Les guides suivent une progression en entonnoir. Pour la partie 1, les questions peuvent être différentes en fonction des personnes enquêtées.

2.1.1.3. Déroulement des entretiens

Les acteurs sont rencontrés au cours du mois de juin et du début du mois de juillet.

Les entretiens sont rendus anonymes, puisque la personne parle au nom de l'organisme.

Les premiers entretiens sont enregistrés de façon à ne pas oublier d'informations et éviter les interprétations. Les entretiens n'ont pas tous été enregistrés en raison de la méfiance

apparente des acteurs, malgré les garanties de confidentialité de l'enquêteur. Les entretiens font l'objet de prise de note lors du déroulement. A la suite de chaque entretien, certaines informations sont annotées de manière à juger de la qualité de l'entretien (durée, lieu, interruptions éventuelles, comportement de l'enquêteur et de l'enquêté, etc.). Le discours des entretiens est ensuite retranscrit par écrit de façon à faciliter l'analyse de contenu. Notons que seul l'enquêteur a accès à l'ensemble des informations individualisées.

2.1.2.Méthode d'analyse de contenu

2.1.2.1. L'analyse thématique

La méthode d'analyse choisie est l'analyse thématique. Pour chaque thème à aborder durant l'entretien, des sous-thèmes sont définis de façon à améliorer la lecture des entretiens. Ceci permet de créer une grille d'analyse qui rassemble les discours de tous les enquêtés et faciliter la comparaison. Dans chaque sous-thème, chaque nouvelle idée est numérotée, cette idée est appelée « item ». Ainsi, d'un acteur à l'autre, les mêmes items peuvent être retrouvés. De façon à mieux comprendre le discours des enquêtés, chaque item est associé à une catégorie d'analyse (Kling-Eveillard *et al.*, 2012) « comportement », « connaissance », « attitude ». Cette séparation permet de mettre en avant les contradictions possibles dans un discours entre les pratiques et les façons de penser, ou bien de repérer plus facilement les connaissances ou façons de penser.

Plusieurs analyses sont menées et associées :

- Généralités sur les enquêtés (proximité et lien avec les agriculteurs, connaissances sur les PRO, lieu d'enquête, position sur la filière de recyclage agricole)
- Les pratiques et les connaissances sur l'utilisation et l'épandage des PRO
- Les questions sur les PRO (voir le paragraphe suivant)
- L'intérêt des expérimentations de plein champ pour répondre aux questions.

2.1.2.2. Les questions sur les effets des PRO

Cette partie constitue le cœur de l'enquête. L'importance des questions est déterminée par l'étude des indications verbales données par les enquêtés, la place du sujet dans l'entretien, la reprise du sujet entre les types d'acteurs (fréquence d'apparition du sujet). Dans l'analyse, pour chaque question, deux indicateurs sont associés : la spontanéité et l'intensité de la question. La spontanéité du sujet est notée 1 dans le cas où l'enquêté a abordé lui-même ce sujet ou au contraire, notée 0, si l'enquêteur n'a pas évoqué ce sujet. L'intensité de la

question, notée selon 6 niveaux de --- (degré le plus faible,) à +++, traduit le degré d'intensité, faible si le sujet évoqué n'intéresse pas du tout l'enquêté ou fort si l'enquêté, ou ses partenaires, sont vivement intéressés pour obtenir des réponses à ces questions.

Pour l'étude des interrogations, la grille thématique d'analyse sépare :

- Les questions sur les effets positifs des PRO (effet engrais, effet amendement, services éco systémiques, composition et qualité agronomiques des produits, etc.)
- Les questions sur les effets négatifs des PRO (présence et apports de polluants, risque de pollution, effets sur la structure du sol, ex : tassement de sol par les épandeurs)
- Des questions particulières sur l'effet des traitements biologiques
- D'autres questions / doutes / remarques.

Pour affiner l'étude et la typologie des questions, ces dernières ont été groupées par items (plusieurs questions ayant le même objectif). Pour chaque item, il est associé un indicateur qui tient compte du nombre d'acteurs ayant évoqué la question et de l'intensité de la question pour chacun d'entre-eux. Ainsi, il est possible de hiérarchiser les grands types de questions.

2.1.2.3. Questionnaire pour les agriculteurs

A partir des enquêtes qualitatives, les types de questions posées sont identifiés (grands thèmes de questions). Une vingtaine d'agriculteurs sont contactés par téléphone pour obtenir les interrogations directes des utilisateurs finaux. L'entretien est composé trois questions : quels sont les PRO utilisés, quel est l'intérêt visé, et ont-ils des questions ou des besoins en informations. Le travail de l'enquêteur est de vérifier que les thèmes abordés par les agriculteurs se retrouvent parmi ceux abordés par les acteurs de l'enquête qualitative. Les résultats obtenus par ces entretiens courts sont comparés aux réponses obtenues lors des entretiens longs (type de questions, intensité des questions). Cette étape a pour but principal de valider l'hypothèse de travail principale.

2.2. Bilan sur les expérimentations locales

Suite à la consultation des acteurs de la filière de recyclage agricole du Haut-Rhin dans les années 1990, l'ARAA et le SMRA68 ont mis en place deux essais de plein champ de moyenne durée pour étudier des impacts agronomiques et environnementaux de l'épandage de certains PRO :

- De 1995 à 2006 : essai situé à Ensisheim (prolongement actuel pour l'étude de la résilience du système) ;

- De 2002 à 2009 : essai situé à Bergheim.

L'ARAA et le SMRA68 sont également partenaires de la plateforme « PRO'spective » de Colmar, gérée par l'INRA. Il s'agit d'une expérimentation de recherche à instrumentation lourde de très longue durée. L'INRA mène également un autre essai du même type à Feucherolles (78) en partenariat avec Veolia environnement. Les résultats de ces essais de recherche ne sont pas analysés lors du stage.

2.2.1. Dégager les enseignements de ces essais

L'analyse de la qualité des données a pour but de savoir s'il est possible de répondre aux questions des acteurs. La première étape consiste à connaître les paramètres suivis sur chaque essai. Ensuite, vient l'étude de la validité des données, puis de leur qualité. Les variables qui ont posé des difficultés d'interprétation sont repérées. Ces difficultés d'interprétation peuvent être liées à :

- des limites de quantification lors de l'analyse au laboratoire,
- la trop forte dispersion de la variable.

Les variables pour lesquelles l'interprétation des résultats est possible sont repérées également. Ceci est déterminé pour chaque horizon de sol et chaque organe de la plante cultivée, pour chacun des deux essais. Ainsi, il sera possible de savoir quelles sont les questions auxquelles les essais peuvent répondre.

2.2.2. Présentation des dispositifs d'expérimentation

Les deux essais locaux ont pour ambition d'être représentatifs des pratiques locales (doses et fréquences d'apport des PRO).

2.2.2.1. L'essai d'Ensisheim (Schaub et Valentin, 1999)

Il s'agit d'un essai en bloc complet à 4 répétitions (Figure 14). Trois traitements sont étudiés :

- Traitement minéral exclusif
- Traitement organique par apport de boue déshydratée (issue du traitement des eaux usées), complété par des apports d'engrais minéral ;
- Traitement organique par apport de boue déshydratée et chaulée (issue du traitement des eaux usées), complété par des apports d'engrais minéral.

Les PRO étudiés sont des boues issues du traitement biologique des eaux ayant subi un traitement physique ou/et chimique.

Les objectifs de l'essai sont :

- D'observer les éventuelles accumulations d'ETM dans les sols
- D'observer l'éventuel prélèvement des ETM par les plantes cultivées
- D'évaluer un éventuel risque lié aux ETM pour la chaîne alimentaire et pour la fertilité des sols par rapport aux pratiques agricoles courantes (comparaison des traitements organiques avec le traitement minéral exclusif).

L'essai permet secondairement d'obtenir des références sur la valeur agronomique des deux boues étudiées.

Les matrices étudiées sont le sol et les cultures (parties aériennes et particulièrement partie commercialisée que sont les grains). Les substances visées sont 12 ETM et 23 CTO.

Le système de culture est la monoculture de maïs grain irrigué. Tous les résidus sont restitués. Les deux PRO sont épandus tous les deux ou trois ans à une dose de 15 à 20 tMB/ha. L'essai a débuté en 1995 et le dernier épandage a eu lieu en 2004, soit cinq épandages. Des analyses sont également effectuées régulièrement depuis la fin des épandages (2006, 2010, 2012). La chronologie de l'essai est présentée en Figure 15 (page précédente).

Les données pédologiques de la parcelle d'essai sont présentées en Annexe 6 (p. 19 des annexes).

2.2.2.2. L'essai de Bergheim (Imhoff *et al.*, 2011)

Il s'agit d'un essai en carré latin (Figure 16). Quatre traitements sont étudiés :

- Traitement minéral exclusif avec amendement basique minéral ;
- Traitement minéral exclusif sans amendement basique ;
- Traitement organique par apport de boue d'origine agro-alimentaire chaulée, complété par des apports d'engrais minéral ;
- Traitement organique par apport de boue d'origine papetière (boues cellulosiques issues du recyclage de papier), complété par des apports d'engrais minéral.

L'objectif de cet essai est de répondre à la question :

- l'épandage répété de PRO augmente-t-il l'exposition à des substances à caractère toxique lorsqu'elles sont en excès, en comparaison avec une fertilisation minérale exclusive ?
- l'épandage répété de PRO provoque-t-il une détérioration de la qualité des produits issus de ces sols épandus ?

Les matrices étudiées sont le sol et les cultures (parties aériennes et particulièrement partie commercialisée que sont les grains). Les substances visées sont 12 ETM et 23 CTO. L'essai permet également d'obtenir des références sur la valeur agronomique des deux PRO étudiés.

La rotation culturale est maïs – orge brassicole de printemps, suivi d'une Culture Intermédiaire Piège A Nitrates (CIPAN) l'année 2004. Tous les résidus sont restitués. Les deux PRO sont épandus tous les deux ans à une dose de 20 tMB/ha. L'essai a débuté en 2002 et s'est terminé en 2009, soit trois épandages sur la durée de l'essai. La chronologie de l'essai est présentée en Figure 17 (page précédente).

Les données pédologiques de la parcelle d'essai sont présentées en Annexe 7 (p. 21 des annexes).

2.2.3. Protocole d'analyse de la qualité des données

L'analyse de la qualité des données est une phase trop souvent négligée par les expérimentateurs, mais qui s'avère essentielle : critique des résultats, prise de recul sur les données, capitalisation d'expérience pour l'amélioration de futures expérimentations, etc.

Cette étape est importante dans le cadre de cette mission, elle a pour but :

- De signaler aux futurs utilisateurs de la base de données du Réseau PRO, la qualité des données obtenues sur ces deux essais
- De connaître la fiabilité des résultats pour pouvoir répondre aux acteurs à partir des résultats de ces deux essais
- De repérer les variables qui ont pu poser des problèmes au cours de ces essais, et identifier pourquoi elles ont posé problème, afin d'améliorer le choix des paramètres suivis lors de futures expérimentations.

L'analyse de la qualité des données est basée sur l'analyse des résidus des essais annuels après analyse de variance (ANalysis Of VAriance ANOVA, élimination des effets blocs et traitements). Le logiciel utilisé est Statbox. Ce logiciel permet d'étudier les résultats en tenant compte du plan d'essai. L'analyse annuelle de la qualité des données s'appuie sur les paramètres et tests statistiques suivants (qui sont expliqués dans le Tableau 6) :

- Respect des conditions de l'ANOVA (contrôle de la validité des données)
 - La normalité des résidus (coefficients d'aplatissement et de symétrie β)
 - L'absence de résidus suspects (test de Grubbs)
 - L'homogénéité des variances résiduelles par traitement

- L'indépendance des résidus (absence d'interaction traitement / bloc, test de Tukey), uniquement pour l'essai d'Ensisheim
- Qualité des données
 - Le coefficient de variation (CV) des résidus d'une variable (variabilité résiduelle, hétérogénéité de la variable)
 - La puissance de l'essai (capacité à mettre en évidence une différence existante entre les traitements).

L'analyse de la qualité des données est réalisée pour l'ensemble des variables qui ont été étudiées. L'analyse est de type annuel, ce qui permet une analyse plus fine des paramètres de qualité. Le risque α de première espèce choisi est 5 %.

2.3. Des questions à l'action

2.3.1. Besoins en expérimentation

Parmi les questions relevées, celles pour lesquelles il est possible de répondre en tout ou partie, soit sur la base des résultats d'expérimentation, soit grâce à d'autres moyens (personnes ressources, etc.) sont repérées. Pour chaque question ayant déjà une réponse, totale ou partielle, seront précisés :

- Quel(le) personne ressource (ou organisme) possède la réponse
- D'où la réponse est issue (expérimentations de plein champ, tests en laboratoire, modélisation)
- Comment peut-on répondre à la question des acteurs (ex : paramètres à suivre ou l'interprétation nécessaire)

Pour les autres questions, il faudra définir :

- pourquoi il n'est pas possible d'y répondre à l'heure actuelle (si c'est le cas),
- comment il serait possible d'y répondre et dans quelles conditions.

2.3.2. Plan d'action

Un plan d'action est proposé à l'attention du SMRA68, et de l'ARAA. Ce plan d'action a valeur de proposition et n'entre pas dans les objectifs du SMRA68.

3. Résultats

3.1. Les questions des acteurs

3.1.1. Campagne d'enquêtes

L'enquête comprend 20 entretiens et 23 personnes rencontrées soit par téléphone (5 entretiens) ou de visu (15 entretiens) auxquels s'ajoute une correspondance par mail. Les entretiens totalisent environ 22 heures d'écoute et de dialogue avec les acteurs, allant de 20 minutes à plus de 2 heures. Le Tableau 7 présente la typologie des personnes rencontrées ou contactées. Ces personnes sont en lien plus ou moins étroit avec les agriculteurs. Il est fait l'hypothèse qu'elles sont un bon relais d'opinion de la profession agricole.

3.1.2. Analyse de contenu

Dans les paragraphes suivants, les citations des personnes rencontrées sont présentées en italique entre guillemets. L'anonymat des personnes est préservé.

3.1.2.1. Vue sur la motivation, les freins à l'utilisation des PRO

Préalablement à la question sur les interrogations liées aux effets des PRO, il est nécessaire de comprendre les pratiques d'utilisation des PRO et l'intérêt que portent les agriculteurs et les acteurs à ces produits, ainsi que le regard qu'ils portent sur la filière. Ces éléments expliquent en grande partie l'origine des besoins en recherche exprimés.

Les intérêts recherchés par les agriculteurs sont :

- en premier lieu, l'effet engrais des PRO généralement lié à un intérêt économique. En effet, le raisonnement économique est à la base de la décision d'utiliser ou non des PRO non-agricoles (notamment pour les céréaliers).
- en second lieu, l'effet amendement organique ; celui-ci variant selon les produits (composition). Les composts, par exemple, sont utilisés avant tout comme source de MO (structuration du sol). Cependant, plusieurs personnes enquêtées soulignent que l'effet engrais des composts est « *de plus en plus* » recherché par les utilisateurs.

Les agriculteurs apprécient également les services annexes liés à la valorisation des PRO non-agricoles (suivi agronomique des parcelles et des produits, conseil individuel, prestations d'épandage, etc.). Accessoirement, la biodiversité est parfois citée comme une conséquence positive de l'utilisation de ces produits (macrofaune du sol, ex : les vers de terre).

L'intégration des produits au système d'exploitation va toujours en s'améliorant. Le choix des produits utilisés est rendu plus pertinent par le dialogue entre prestataires de suivi agronomique et agriculteurs. Les PRO sont de plus en plus intégrés dans le raisonnement de la fertilisation (y compris pour les composts). La majorité des produits sont épandus en été (après céréales) ou en automne (après maïs grain), avec un labour avant l'hiver dans la majorité des cas. Ces pratiques sont rendues difficiles en raison de l'application des nouvelles dispositions de la directive Nitrates (arrêté du 19 décembre 2011), limitant les périodes d'épandage et imposant l'implantation de CIPAN (voir Tableau 8 pour le cas alsacien habituel). Il s'agit là d'un problème d'actualité qui sort du cadre de l'étude. Il touche particulièrement les éleveurs (système lisier).

Les « freins » ou inconvénients évoqués pour l'utilisation de ces produits sont :

- Les difficultés d'utilisation dues à la variabilité de composition des PRO.
- L'image négative de la filière de recyclage agricole (odeurs, etc.).
- Le délai d'obtention des résultats espérés au champ (voir les effets rapidement).
- Les charges et pressions liées à la logistique et à la réglementation.
- L'absence ou la difficulté à obtenir des références économiques.
- Les craintes liées aux risques éventuels de pollution (surtout sur les ETM).

La Figure 19 (p. 35) présente ces « freins ». Le manque d'informations sur les effets ou la composition ne figure pas dans les freins. Notons également que d'une manière générale, les occurrences positives (effets positifs des PRO) sont plus fréquentes dans le discours des enquêtés que les occurrences négatives (polluants, tassement, etc.).

3.1.2.2. Typologie des questions et hiérarchisation

Les questions qui ont été relevées lors des entretiens sont présentées dans l'Annexe 9 (p. 24 dans les annexes). La grille thématique de départ a montré un grand nombre de questions sur les effets agronomiques des PRO. Ces questions sont évoquées par tous les types d'acteurs, notamment les conseillers des chambres et des missions boue, les prestataires de suivi agronomique. Pour hiérarchiser, chaque type de question a été associé à un ou plusieurs mots-clefs (15 mots-clefs utilisés). Ces mots-clefs sont ordonnés selon leur intensité qui dépend du nombre de questions en rapport avec le mot-clef et du nombre de personnes ayant posé la question (voir Annexe 9, p. 24 dans les annexes). Finalement, la hiérarchisation des mots-clefs aboutit à l'ordonnance présentée dans la Figure 18. Les paragraphes suivants présentent chaque thème dans l'ordre d'intensité.

1. Effet engrais et fertilité chimique des sols.

Cette thématique devance largement toutes les autres, quel que soit le type d'acteurs (expertise sur les PRO, R&D). Elle est évoquée par pratiquement tous les enquêtés et est de forte intensité. Les questions sont formulées de façon assez précise : disponibilité des éléments majeurs (azote principalement, et phosphore), dynamiques de minéralisation (périodes de libération de l'azote), arrières-effets, arrières-effets cumulés. L'élément fertilisant le plus souvent concerné est l'azote, le phosphore venant secondairement. Les questions autour de la valeur engrais des PRO sont généralement liées à d'autres thématiques, telles que la variabilité des effets, les nouveaux PRO (digestat de méthanisation en particulier) et la valeur économique.

2. Effet amendement organique, la qualité et la quantité de matière organique apportée.

La MO semble occuper une place importante dans les intérêts attendus. Cependant, elle génère peu de questions précises. L'explication apportée par certains enquêtés est double et contradictoire. D'une part, il n'y a pas de question car la MO « *c'est leur quotidien* », c'est donc maîtrisé par les agriculteurs. D'autre part (explication plus souvent tenue), le concept de MO n'est pas partagé par l'ensemble des agriculteurs, un des enquêtés ajoute « *ce n'est pas palpable* ». L'indicateur associé à ce mot-clef est important, car certaines questions nécessitent de détenir des informations sur l'effet amendement organique pour y répondre (questions sous-entendues).

3. Variabilité dans les effets et la composition

La variabilité est le handicap majeur pour les utilisateurs et pour les conseillers techniques. Cela semble également être une préoccupation chez les acteurs connaissant peu les PRO. Cette variabilité est due au grand nombre de PRO, la variation temporelle de composition des produits, la diversité des sols et des systèmes de cultures, l'effet annuel.

4. Rendement

Le rendement est généralement lié aux questions portant sur l'effet agronomique général des PRO. Ce mot-clef intervient dans les besoins en aide à la décision sur le choix des PRO ou du système d'exploitation et dans les questions économiques (bénéfices de l'utilisation de PRO, coût de mise en place d'un système d'exploitation basé sur les PRO, etc.).

5. Nouveaux PRO

Les questions sur les nouveaux PRO sont systématiquement liées à d'autres mots-clefs, très souvent la valeur azotée et l'innocuité (présence potentielle de polluants). Les nouveaux PRO visés dans le Haut-Rhin sont les cendres sous foyer produites dans les chaudières biomasses, les digestats de méthanisation, les marcs de raisin. Les PRO qui sont peu utilisés, notamment les composts de fumier, ne sont pas considérés comme nouveaux dans cette étude. Cependant, les enquêtés les considèrent parfois comme étant de nouveaux produits, puisqu'il faut acquérir des références sur leur composition et leurs effets. Certains acteurs considèrent les composts de boues de station comme étant de nouveaux PRO également. De fait, il est fort possible que l'intensité de ce mot-clef soit sous-estimée. Les questions sur ces produits sont généralement assez précises, puisqu'il s'agit d'obtenir des références comparables à celles connues pour les PRO courants (comparaison des potentiels, etc.).

6. Polluants émergents

Notons que les questions sur les polluants émergents sont très rarement spontanées pendant les entretiens. Les PRO concernés sont presque exclusivement ceux d'origine non-agricole, en particulier les boues de station d'épuration collective. Les questions sont inexistantes ou clairement évitées en ce qui concerne les effluents d'élevage. Certains acteurs se posent des questions à propos des effluents d'élevage, mais il ne s'agit pas d'acteurs du monde agricole (questions venant des consommateurs). Les prestataires de suivi agronomique et les Missions Boue sont amenés petit à petit à s'intéresser à ces molécules, car les questions commencent à apparaître sur le terrain. Il s'agit donc d'une préoccupation récente. De plus, un certain nombre d'acteurs s'attendent à une évolution future de la réglementation sur ces problèmes. Dans cette optique, ils sont intéressés pour avoir des références (par anticipation), mais cela est souvent suivi de remarques qui modèrent le discours : « *c'est à double tranchant* », « *on trouve toujours ce qu'on cherche* ». Chez les agriculteurs, le terme de polluant émergent désigne les hormones, les perturbateurs endocriniens et les résidus médicamenteux.

7. Valeur économique des PRO et à l'inverse leur coût d'intégration dans le système d'exploitation.

La question de la valeur économique est généralement sous-entendue. Certains y voient un levier d'action certain, comme par exemple, la normalisation des composts de boues qui a abouti étonnamment à l'augmentation du nombre d'agriculteurs utilisateurs de ce type de composts. Le raisonnement économique est aussi un moyen d'améliorer la gestion des

effluents par les éleveurs. La valeur économique intéresse plus les acteurs ayant un rapport plus fort avec les PRO. Certains posent des questions sur le coût de modification d'un système d'exploitation (ex : investissement dans des outils agricoles, etc.).

8. Risques de pertes en nitrates.

Il s'agit de toutes les questions ayant rapport aux nitrates. L'intensité sur ces questions est importante chez les acteurs ayant une expertise moins forte sur les PRO et les organismes publics qui traitent de ces questions (AERM, ARAA, Chambre d'agriculture). Notons que cette question intéresse également certains prestataires de suivi agronomique.

9. ETM

Les questions sur les ETM portent exclusivement sur les PRO d'origine non-agricole. Les questions viennent principalement des enquêtés ayant peu de connaissances sur les PRO. Selon les enquêtés, les questions sur les ETM sont de moins en moins prégnantes. Ce phénomène est entre autre dû au suivi rigoureux des sols et des PRO épandus qui est réalisé. Toutefois, certains prestataires de suivi agronomique sont intéressés pour avoir des informations complémentaires à la réglementation à fournir aux utilisateurs.

10. Traitements biologiques et physiques

Ce sont les questions qui concernent le compostage et la digestion anaérobie, ainsi que les traitements physiques et chimiques (séparation de phase et oxygénation des lisiers, chaulage des boues). Elles sont liées aux « nouveaux PRO » (développement de la séparation de phase des lisiers dans le Sundgau, développement de la digestion anaérobie sur le territoire).

11. Composition

Les questions sur la composition sont souvent liées aux mots-clefs variabilité et nouveaux PRO, ou portent sur des PRO peu utilisés sur le territoire (ex : composts de fumiers).

12. Autres polluants, pollutions ou effets négatifs

Les autres effets négatifs sont notamment les risques de tassement de sols lors de l'épandage ou la présence ou le comportement de polluants (hors ETM et polluants émergents), par exemple les inertes (plastiques, verres, etc.).

13. Gaz à effet de serre (GES)

Les questions sur les GES sont généralement présentées comme des questions d'anticipation. Elles sont plus importantes chez les organismes dont les compétences portent sur les PRO d'origine agricole. Ils souhaitent avoir des réponses à fournir aux futurs consommateurs. Elles portent autant sur les GES libérés lors du processus d'obtention du PRO (litière, processus de compostage) que ceux libérés lors du stockage, de l'épandage ou suite à l'épandage. Les GES visés sont l'ammoniac NH₃, le méthane CH₄, le protoxyde d'azote N₂O et le dioxyde de carbone CO₂.

14. Autres effets agronomiques ou effets positifs sur l'environnement

Cela contient tous les effets amendants qui ne concernent pas la MO (effet amendement basique). Le stockage de carbone par les sols grâce à l'épandage de PRO fait partie de cette thématique également. Les questions sont peu importantes, tant en nombre qu'en intensité.

15. Biodiversité

La biodiversité est généralement liée à des questions sur la MO. Il s'agit d'un indicateur de la qualité et de la quantité de MO parfois cité, et qui semble être important pour les agriculteurs : « *il y a de la vie dans mon sol* [suite à l'apport de MO] ». Il faut donc voir la biodiversité comme un indicateur de l'effet amendement organique.

3.1.2.3. Cohérence avec les questions des agriculteurs

Hierarchie des questions à partir de l'enquête qualitative

A travers le discours des enquêtés, il semble assez clair que les préoccupations des agriculteurs ont une hiérarchie toute différente de celle présentée précédemment. L'ordre des questions chez les utilisateurs de PRO non-agricoles est le suivant :

- Les questions de prime abord (nouveaux utilisateurs) : ETM (présence, risques d'accumulation et de transfert), intérêt agronomique réel (dépassement ou maintien des rendements), réglementation et logistique, intérêt économique.

Il semble que les utilisateurs trouvent réponses à ces questions de manière satisfaisante, notamment auprès des prestataires privés.

- Les questions persistantes : composition des produits, effet engrais, stratégies d'épandage (ex : meilleure période pour épandre, intégration des PRO dans la rotation culturale).

Ces questions résonnent toujours. Elles sont directes ou indirectes. Elles sont liées aux conseils attendus par les agriculteurs de la part des prestataires et des missions boue.

- Les questions accessoires (certains utilisateurs uniquement) : MO principalement. Elles viennent secondairement. Elles semblent apparaître plutôt chez les agriculteurs innovants et/ou alternatifs (agriculteurs biologiques, mise en place de techniques sans labour, etc.).

Il existe une temporalité des préoccupations chez les agriculteurs, dont les questions évoluent avec l'expérience sur l'utilisation des PRO.

Vérification l'hypothèse de travail à travers l'enquête téléphonique

Une vingtaine d'agriculteurs a été contactée par téléphone (voir leur situation géographique sur la Figure 20). Très peu d'agriculteurs ont spontanément exprimé des questions sur les produits ou des besoins d'informations. Les thématiques abordées avaient toutes été abordées par les enquêtés auparavant (accumulation des ETM dans les sols, résidus médicamenteux, composition en azote, etc.). L'hypothèse de travail est validée car les agriculteurs enquêtés n'ont pas évoqué de nouvelles thématiques. Généralement, la gestion des PRO par les agriculteurs est raisonnée sur la base de la surveillance analytique régulière des PRO et des terres.

3.1.3. Focus sur trois thèmes : valeur « engrais », typologie et ETM

Etant donné la diversité des questions, trois thèmes seront présentés dans le corps du texte. Toutes les questions sont reprises, par thème, dans Annexe 10 (p. 29 des annexes) sous forme de fiches. Les thèmes ne reprennent pas exactement les 15 mots-clefs. Pour chaque thème, la fiche comprend :

- tout d'abord l'exposé des questions : questions reformulées, le type d'acteurs qui porte ces interrogations, les buts ou les objectifs exprimés ou pouvant transparaître derrière ces interrogations, ainsi qu'une évaluation de la pertinence, l'urgence et l'intensité de la question chez les acteurs,
- ensuite des pistes de réponses déjà explorées par la recherche et les partenaires associés sont recensées (sous forme d'outils d'aide à la décision ou de modélisation, de résultats d'essais passés, en cours ou futurs, d'analyses et de tests de laboratoire, etc.) et les limites éventuelles énoncées,
- enfin des propositions d'actions à entreprendre pour établir une piste de réponse sont exposées.

Chaque personne rencontrée pourra donc trouver les questions qui ont été abordées lors des entretiens, qu'il s'agisse de ses propres questions ou des questions dont elle a été le relais.

Les trois exemples développés ci-après sont :

- La valeur « engrais » des PRO : Les questions en rapport avec la valeur fertilisante, en particulier la valeur azotée, ont été nombreuses et sont très intenses chez les personnes rencontrées. La recherche doit donc proposer des références fiables et des moyens efficaces pour déterminer cet effet « engrais ». Ces questions concernent tous les PRO.
- Les typologies des PRO : Il semble indispensable d'établir une typologie des PRO fiable pour raisonner leur utilisation et rationaliser les moyens de recherche. Cette étape est essentielle pour l'organisation des travaux de recherche et des essais. Il est donc important qu'elle soit établie rapidement. Cette typologie concerne tous les PRO et recoupe les questions sur la composition et les effets, la variabilité et les traitements.
- Le risque ETM : Les risques liés aux ETM dans les PRO d'origine non-agricole sont une question récurrente depuis plus de 20 ans et a motivé la mise en place d'essais dans le Haut-Rhin dès 1995. C'est encore une préoccupation chez les agriculteurs nouvellement utilisateurs de PRO non-agricoles. De nombreux travaux ont été menés sur ces questions en France. La recherche doit maintenant apporter des réponses claires aux acteurs du terrain (agriculteurs, organismes collecteurs, etc.).

3.1.3.1. La valeur « engrais »

Questions/Besoins

Les questions en rapport avec la valeur « engrais » ont été très nombreuses. L'élément fertilisant recherché est généralement l'azote, base de la fertilisation. En effet, la valeur azotée de certains PRO (composts de boues) a longtemps été négligée par les agriculteurs. La tendance actuelle est de mieux tenir compte des apports azotés issus des PRO. Cette tendance est due à un changement d'attitude qui s'opère chez les utilisateurs vis-à-vis des produits organiques. Ce phénomène a plusieurs origines dont l'effet de la réglementation, en particulier la loi sur l'eau (directive Nitrates) et le cours élevé des engrais azotés.

Les agriculteurs ainsi que les organismes qui les accompagnent (chambre d'agriculture, missions boue, et surtout prestataires de suivi agronomique) sont demandeurs d'informations plus fiables et précises sur la valeur « engrais », notamment la valeur azotée de l'ensemble des PRO (en particulier les composts de boues issues du traitement des eaux). Ils se demandent :

- Quelle est la composition des effluents d'élevage en éléments fertilisants ?

- Quelle est la disponibilité de l'azote au cours de la première année ou durant l'implantation de la culture principale réceptrice ? Quelles sont les périodes de libération de l'azote ? Quelle est la dynamique de minéralisation ?
- Quels sont les arrière-effets azotés ou l'incidence sur la minéralisation de l'humus ?
- Quelle est la disponibilité du phosphore ?
- Quel est l'équivalence engrais NPK d'un PRO ? Quel gain économique par rapport à un engrais de synthèse ?

Ces informations ont pour but d'améliorer le raisonnement de la fertilisation comprenant des PRO, de façon à envisager une substitution au moins partielle des engrais minéraux de synthèse par les PRO. Les prestataires de suivi agronomique souhaitent que la recherche confirme les chiffres qu'ils utilisent. Certains acteurs souhaitent parallèlement pouvoir donner une valeur économique aux PRO à partir de l'équivalence NPK (voir de « l'équivalence matière organique »).

Il s'agit de questions à forte intensité. Dans les zones où se recoupent pression d'épandage élevée et enjeux de qualité de l'eau, il est important d'apporter des réponses rapidement pour aboutir à une utilisation plus appropriée des PRO.

Le cas du phosphore est particulier et l'enjeu est de plus en plus important : engrais chimique de plus en plus cher, production basée sur l'exploitation de ressources non-renouvelables et souvent fortement chargées en ETM (taux de cadmium élevés dans les mines de phosphate).

Eléments de réponses et actions déjà engagées.

Composition des PRO

La Chambre d'Agriculture d'Alsace possède une base de données assez complète sur la composition des effluents d'élevage alsaciens. La base de données est alimentée régulièrement grâce au partenariat avec un laboratoire local d'analyses agronomiques et environnementales (SADEF[®]). Le SMRA68 possède elle-aussi une base de données sur la composition des PRO non-agricoles épandus dans le Haut-Rhin. Ces données existent mais ne sont pas suffisamment valorisées sur le terrain.

Disponibilité de l'azote et arrières-effets.

Mieux connaître l'effet réel. Des essais azote avec témoins sans azote menés par l'ARAA et la chambre depuis 20 ans apportent des connaissances sur l'effet azoté (disponibilité et arrières-effets) des effluents d'élevage, pour la plupart des sols alsaciens, uniquement sur

maïs (culture majoritaire). La variabilité des résultats est un problème pour les utilisateurs comme pour leurs conseillers. La multiplication des essais permet d'obtenir des informations sur les facteurs qui influencent cette variabilité (facteurs les plus importants).

Les essais d'Ensisheim et Bergheim ont permis d'obtenir des données sur certains produits (boue résiduaire du traitement des eaux déshydratée, boue résiduaire du traitement des eaux déshydratée chaulée, boue cellulosique, boue issue d'industrie agro-alimentaire). Dans le Bas-Rhin, des essais ont également été réalisés. Le SMRA68 et la Mission Boues du Bas-Rhin ont réalisé des grilles de synthèse sur la valeur azotée des PRO non-agricoles. Le SMRA68 a également communiqué les résultats à travers la campagne d'information Tabou(e)story. L'essai de Colmar a déjà permis d'obtenir des données sur la valeur azotée de certains produits (compost de la fraction fermentescible des ordures ménagères, boue résiduaire du traitement des eaux, compost de boue, fumier pailleux, fumier composté) et permettra d'obtenir des données sur de nouveaux produits et leur gestion grâce à la poursuite de l'essai (choix des produits non-défini à l'heure actuelle). Les résultats n'ont pas été communiqués efficacement aux prestataires de suivi agronomique ni à la chambre.

Mesurer le potentiel. En 2010, l'AFNOR a publié la norme XP U 44-163 (azote potentiellement minéralisable). Les prestataires de suivi agronomique l'utilisent dans le cadre de l'application de la norme NF U 44-195 (compost de boues résiduaires du traitement des eaux). La recherche doit cependant s'assurer de la cohérence entre les résultats du laboratoire et les effets au champ. En effet, des problèmes ont été mis en évidence pour l'analyse de certains produits, entre autres ceux qui contiennent des particules carbonées : le broyage des échantillons de PRO, qui a pour but de rendre le produit plus homogène pour une bonne incorporation au sol d'étude, entraîne une disponibilité du carbone plus forte, mobilisant une partie de l'azote prédisant une « faim d'azote » possible pour la culture en place selon les résultats du test au laboratoire, tandis qu'au champ cette « faim d'azote » n'est pas observée (le carbone des résidus grossiers est minéralisé sur une période plus longue, sans mobilisation massive de l'azote sur une période courte). La recherche doit aussi expliquer quels facteurs environnementaux agissent sur la variabilité des effets. Elle peut aussi apporter des références par type de PRO (voir partie suivante sur la typologie des PRO).

Dynamique temporelle de la minéralisation et arrières-effets cumulés.

AZOFERT® permet une modélisation de la dynamique de minéralisation. AZOFERT® est paramétré à partir d'expérimentations. Cet outil est une aide pour le raisonnement de la fertilisation azotée, et notamment pour la gestion de l'augmentation de la MO du sol (arrières-

effets cumulés). La multiplication des simulations permettra d'acquérir des références sur les périodes de libération de l'azote. Des mises à jour régulières sont prévues (révision des paramétrages). AZOFERT® doit être paramétré pour le contexte alsacien (climat, pédologie).

Disponibilité du phosphore

Il n'existe pas d'indicateur normalisé pour le dosage du phosphore disponible dans les PRO. Aujourd'hui, en pratique, le phosphore supposé disponible par les prestataires de suivi agronomique est de 70 % du phosphore total dosé dans les PRO non-agricoles (y compris les composts). Les résultats de l'essai d'Ensisheim avoisinent cependant les 100% de l'équivalence engrais.

Equivalence engrais et gain économique

L'équivalence engrais peut être estimée à partir des bases de données sur la composition en éléments fertilisants et la disponibilité de ces éléments (en NPK). Une valeur financière peut être estimée à partir de cette équivalence engrais, en tenant compte du cours des engrais. Ces calculs reposent cependant sur des approximations (la disponibilité dépend du sol, de l'historique, de la plante, etc.). L'approche doit être affinée sur la base des coûts des engrais effectivement employés par l'agriculteur.

Proposition d'actions pour l'Alsace

Tenir à jour les BDD locales et surtout les valoriser

En ce qui concerne les bases de données locales sur la composition des effluents d'élevage, elle doit être complétée pour les nouveaux produits (digestats de méthanisation) ou produits peu courants (composts d'effluents). Cela peut se faire par des campagnes d'analyses des effluents, en complément du partenariat avec la SADEF®. La communication doit être organisée de façon régulière et claire pour que tous les services de la chambre d'agriculture y aient accès.

Améliorer la fiabilité des indicateurs de laboratoire

Ces bases de données peuvent être complétées par des indicateurs de minéralisation estimés en laboratoire (minéralisation potentielle de l'azote et du carbone, Indice de Stabilité de la Matière Organique ISMO). La recherche doit s'assurer de la pertinence de l'indicateur XP U 44-163 pour la mesure du potentiel de minéralisation de l'azote et du carbone et sa cohérence avec l'effet observé au champ. Ces indicateurs doivent être améliorés pour atteindre une

meilleure correspondance laboratoire-champ. Il est peut-être nécessaire de mettre en place quelques essais pour étudier cette correspondance. Il faut en discuter avec les chercheurs (besoin exact : produit, conditions au champ, test de laboratoire). Etant donné le délai d'obtention des résultats d'azote potentiellement minéralisable (XP U 44-163), les prestataires de suivi agronomique doivent avoir à disposition des références moyennes par PRO et connaître les facteurs d'influence les plus importants qui jouent sur les effets.

Faire un bilan des essais azotés et expliquer les facteurs de variabilité

Les références sur les arrières-effets et la disponibilité de l'azote doivent être affinées, notamment en expliquant mieux les facteurs de variation. La recherche doit donc apporter des références sur l'influence de ces facteurs (sensibilité de la réponse au facteur étudié). Cela ne nécessite pas forcément de nouveaux essais, puisque la recherche pourra s'appuyer sur des résultats d'essais existants (valorisation de la base de données du Réseau PRO). Les résultats des essais azotés mais alsaciens doivent être synthétisés et interprétés (valeur économique) et communiqués (bilan). La valorisation des références auprès des professeurs de l'enseignement agricole peut aussi être intéressante.

Faire évoluer les Outils d'Aide à la Décision (OAD) en fonction des besoins.

La mutualisation des résultats d'essais au niveau national fournira des données pour le paramétrage des outils.

L'outil AZOFERT[®] est intéressant pour l'estimation des arrières-effets cumulés et le raisonnement de la fertilisation. L'outil doit s'adapter aux besoins du terrain (paramétrage de nouveaux PRO, ou intégration d'indicateurs tels que XP U 44-162 et XP U 44-163). Les acteurs du terrain doivent être formés à l'utilisation de l'outil, une fois qu'il sera paramétré pour le contexte alsacien (climat, pédologie).

Le cas du phosphore

Le dosage du phosphore disponible est un cas difficile à étudier, en partie parce que l'absorption de phosphore est un processus actif de la plante et qu'il est mal connu. Actuellement, la recherche travaille sur cette question sur la matrice sol. C. Morel (INRA Bordeaux) travaille sur la disponibilité du phosphore des sols pour les plantes. Ses recherches portent notamment sur le dosage isotopique du phosphore. Il met en garde sur « *le passage en routine de la nouvelle mesure basée sur l'utilisation d'isotopes radioactifs dans des laboratoires d'analyse du sol* » (Gloria, 2012). Il existe d'autres pistes pour le dosage du

phosphore disponible. Au Canada, en Suisse et en Allemagne, la méthode d'extraction utilisée est Mehlich III. Certains chercheurs estiment que le phosphore soluble à l'eau est une méthode d'extraction plutôt fiable, même si elle ignore une grande partie du phosphore disponible pour les cultures (sous-estimation).

Le dosage du phosphore est rendu difficile par le manque de connaissances du processus d'assimilation du phosphore par la plante. La recherche est d'ordre fondamental. A terme, il est nécessaire de proposer une technique de routine pour l'extraction et le dosage du phosphore disponible sur la matrice sol et les matrices PRO.

3.1.3.2. Les typologies des PRO

La typologie est une classification qui permet de mieux comprendre et d'appréhender la diversité des PRO existants, et surtout de différencier leur potentiel. La typologie s'adresse avant tout à l'agriculteur et ses conseillers. Son but est avant tout d'aider l'agriculteur à faire un choix de PRO selon son ou ses objectifs (améliorer la structure d'un sol sableux, augmenter le pH avec certains PRO chaulés, etc.). De fait, il sera sûrement nécessaire de définir plusieurs typologies, pour refléter les potentiels des PRO selon les besoins de l'agriculteur : une typologie basée sur le carbone et l'azote, une typologie pH (où le type de sol receveur devra être pris en compte), une typologie phosphore, etc. En ce qui concerne son application dans la recherche, une typologie peut également être utile, car elle pourrait permettre de rationaliser les essais. En effet, si le classement est pertinent, robuste et précis, il sera possible de réaliser des extrapolations entre les produits d'un même groupe à propos des effets attendus au champ.

Questions/Besoins

Le besoin d'établir une typologie des PRO n'a été clairement exprimé que par une des personnes enquêtées. Il semble que ce soit un élément indispensable pour répondre à d'autres questions, par exemple pour connaître le potentiel agronomique d'un PRO ou proposer des conseils d'utilisation (conduite des systèmes de cultures utilisant des PRO, « stratégies d'épandage »). Ces typologies donnent une idée de la valeur agronomique par type de PRO (groupe de PRO présentant le même comportement au champ), facilitant ainsi la bonne utilisation des PRO (choix du PRO plus adapté, raisonnement de l'utilisation, etc.). Les typologies de PRO pourront également être valorisées dans des OAD. Les applications sont multiples Si ces typologies sont correctement établies, des applications multiples pourront être

envisagées et ces typologies pourraient devenir un repère commun pour les utilisateurs, les conseillers, voire les chercheurs.

Les typologies doivent s'appuyer sur des indicateurs de laboratoire qui analysent le potentiel des produits. Il faut donc des indicateurs fiables sur lesquels baser la typologie, et qui traduisent le comportement des produits au champ. Ces indicateurs permettront de classer les nouveaux PRO dans les groupes adéquats.

La caractérisation des apports organiques est rendue complexe par la diversité des produits et surtout leur variabilité interne de composition. Un indicateur de laboratoire ne peut refléter entièrement les effets au champ, car les facteurs externes environnement sont très nombreux.

Eléments de réponses et actions déjà engagées.

De fait l'établissement d'une typologie découle de la valeur agronomique potentielle analysée à l'aide d'indicateurs de laboratoire. Le travail repose donc avant tout sur ces indicateurs.

Des indicateurs à améliorer

Il existe des indicateurs de laboratoire pour étudier le potentiel de minéralisation du carbone et de l'azote (XP U 44-163 : minéralisation potentielle de l'azote et du carbone ; XP U 44-162 : Indice de Stabilité de la Matière Organique ISMO, déposé à l'AFNOR en 2009). L'ISMO donne une estimation du potentiel d'humification (fraction organique stable dans le produit), à partir du fractionnement biochimique de la MO contenue dans un PRO (cellulose, hémicellulose, lignine, fraction soluble, ainsi que la fraction minérale). La minéralisation potentielle de l'azote et du carbone peut être déterminée dans un délai de 3 mois dans des conditions contrôlées, qui représentent environ un an de présence du PRO au champ. Ces deux indicateurs ne permettent pas de prédire le comportement au champ de façon exacte et précise mais donnent le comportement général du PRO. L'observation couplée de ces deux indicateurs permet de décrire l'intérêt du produit (« valeur engrais » ou « valeur amendement ») et de comparer les produits et leurs potentiels (formation d'humus, minéralisation de l'azote). Ils peuvent donc être à la base d'une typologie « Azote/Carbone ». Cependant, ces indicateurs ne sont pas fiables pour certains produits (ex : PRO contenant des éléments grossiers riches en carbone pour lesquels la différence entre les effets espérés prévus par l'analyse au laboratoire et les effets observés au champ sont différents, notamment en raison de la préparation de l'échantillon). Il faut donc les améliorer.

Des indicateurs à proposer

Les besoins des sols agricoles ne se réduisent pas à l'apport d'azote sous forme minérale ou l'apport de MO. La proposition d'autres typologies, répondant par exemple aux besoins d'amendement basique ou aux apports d'autres éléments minéraux est aussi judicieuse et intéressante que la typologie azote carbone. Pour établir une typologie « pH » ou « phosphore » permettant à l'agriculteur de choisir le PRO le plus adapté au sol, il faut s'appuyer sur des indicateurs permettant de mesurer le potentiel phosphore ou amendement basique des PRO. Ces indicateurs n'existent pas à l'heure actuelle.

Des typologies de PRO à établir

Les typologies restent à établir. Le réseau PRO prévoit l'établissement d'une typologie des PRO : « un tel réseau n'a de sens que si les effets observés au champ sont reliés à une typologie des PRO afin de pouvoir ensuite prévoir les effets attendus à partir des caractéristiques des PRO » (demande financement Cas Dar Réseau PRO). Cette typologie a pour ambition d'intégrer tous les PRO et de refléter leur valeur fertilisante et amendante.

Des informations déjà disponibles

Une nomenclature des PRO a été établie par le Réseau PRO, mais celle-ci ne reflète pas les effets au champ. Elle présente tout de même la diversité des PRO existants.

Le SMRA68 et la Chambre ont déjà communiqué sur les effets potentiels des PRO disponibles sur le territoire alsacien. D'une part, sur les PRO non-agricoles, à travers la campagne d'information Tabou(e)story, des articles dans l'hebdomadaire « Paysan du Haut-Rhin », et d'autre part, sur les PRO agricoles, par la réalisation d'un guide sur la MO et des articles dans le journal spécialisé « Paysan du Haut-Rhin ». Les articles et brochures Tabou(e)story ne sont pas synthétiques.

Proposition d'actions

Evaluer les indicateurs et établir un référentiel pour ces indicateurs.

La recherche, notamment l'INRA, doit évaluer la correspondance entre les indicateurs XP U 44 et les effets au champ grâce à des essais de plein champ. Il serait intéressant qu'elle établisse des références par type de PRO pour les deux indicateurs existants (sur la base de leurs propres travaux, au travers de réseau tels que le Réseau PRO, en travaillant en partenariat avec des laboratoires). Rappelons que le SMRA68 et l'ARAA sont des membres actifs du Réseau PRO. Ils peuvent participer à d'éventuels essais au champ si l'INRA le juge

nécessaire, participer aux discussions du Réseau PRO sur les références et l'établissement de la typologie. Ce sont également ces deux organismes qui transféreront les référentiels et les typologies proposées aux acteurs alsaciens. Les essais au champ permettant d'évaluer la correspondance laboratoire-champ pourront concerner de nouveaux PRO, des PRO pour lesquels les analyses posent problème, etc.

Informier la recherche de la nécessité de proposer des typologies répondant à d'autres besoins agronomiques (phosphore, pH).

Il n'existe pas actuellement d'indicateurs fiables, de type XP U 44 pour évaluer le potentiel des PRO en ce qui concerne l'effet pH (amendement basique) ou le potentiel d'apport en phosphore. La recherche doit chercher à établir ces indicateurs puis évaluer la correspondance entre les indicateurs et les effets au champ. L'ARAA et le SMRA68 pourront participer à la mise en place d'essais de plein champ pour évaluer la correspondance laboratoire-champ.

Typologies

L'étape suivant l'évaluation des indicateurs de laboratoire est la proposition d'une typologie. L'ARAA et le SMRA68 pourront participer aux discussions qui auront lieu au sein du Réseau PRO et se tenir au courant des avancées et des difficultés éventuelles à travers le partenariat avec l'INRA, la participation au SOERE PRO et au Réseau PRO. La typologie doit être claire et synthétique (reflète l'effet global pour un objectif visé). Les limites de cette typologie doivent également être présentées aux utilisateurs (il ne s'agit pas d'une vérité). Les typologies proposées devront probablement être synthétisées selon l'utilisation réelle qui en sera faite en Alsace et avec les PRO disponibles sur le territoire. Ce travail doit être réalisé en partenariat avec les acteurs du terrain.

3.1.3.3. Les ETM

Peu de questions venant des utilisateurs ou de leurs relais d'opinion portent sur le risque lié aux ETM. En effet, les utilisateurs sont rassurés par le suivi des PRO et des sols rendu obligatoire par la réglementation mise en place en 1998. Cependant, des réponses scientifiques basées sur des essais peuvent être des réponses complémentaires pour ces acteurs. Les questions liées aux ETM sont toujours d'actualité, notamment chez les personnes qui connaissent peu la filière de recyclage agricole des PRO non-agricoles. Ces préoccupations ont été relevées en 1994. Depuis les années 1990, la recherche a réalisé de nombreux travaux sur cette thématique, il est temps que des réponses concrètes soient fournies. Le but n'est pas de mettre fin aux questions, qui sont légitimes, mais de tenter de

mettre un terme aux fausses rumeurs et aux préjugés. La mise en œuvre de la réglementation et la recherche permettent de suivre cette question de près et de maîtriser les risques.

Questions/Besoins

Les questions liées aux ETM portent sur les risques d'accumulation dans les sols, et de transfert à la plante. Cette question est récurrente chez les agriculteurs, ainsi que chez certains organismes collecteurs (risque commercial), depuis très longtemps (au moins 1994 dans le Haut-Rhin). Le risque sur les ETM pose question uniquement pour les PRO d'origine non-agricole et en particulier les boues d'épuration issue du traitement des eaux usées urbaines. Selon les prestataires de suivi agronomique, le risque lié aux ETM est toujours la première question des nouveaux utilisateurs. Les agriculteurs-utilisateurs semblent satisfaits des réponses fournies, par le suivi imposé par la réglementation, le travail de traçabilité et de transparence opéré depuis 15 ans par les prestataires de suivi agronomique. Les questions sont toujours les mêmes depuis 20 ans :

- Y-a-t'il des éléments traces métalliques dans les PRO d'origine non-agricole ?
- Quels sont les risques d'accumulation d'ETM dans les sols à moyen et long termes ?
- Quelle est la biodisponibilité des oligo-éléments ?
- Quel est le risque de transfert d'éléments traces métalliques vers les grains ?

L'urgence est relative, puisque cette préoccupation existe depuis des décennies et que le terrain a trouvé des réponses sur les bases réglementaires à fournir aux agriculteurs. Il s'agit de confirmer ces réponses. Cela peut aussi constituer de nouveaux éléments de réflexion pour certains organismes collecteurs réticents à l'utilisation de certains produits, même si cela ne suffira probablement pas à faire changer leur position.

Eléments de réponses et actions déjà engagées.

Le recherche travaille sur ces questions depuis les années 1970, et au niveau alsacien depuis 1995. Les réponses à ces questions reposent essentiellement sur des essais de plein champ. Il apparaît que la recherche a des réponses claires, fiables et compréhensibles à fournir aujourd'hui aux acteurs, pour l'évaluation du risque à court et moyen termes.

Les expérimentations locales. Les expérimentations locales d'Ensisheim, de Bergheim et de Colmar ont fourni des résultats sur ces questions (présence, accumulation, transfert) pour les courts et moyens termes. Ils sont déjà disponibles, mais nécessitent une interprétation par exemple grâce aux calculs suivants :

- Evolution du stock d'ETM dans le sol (court et moyen termes)

- Part des apports d'ETM par les PRO comparée au stock initial du sol
- Quantité d'ETM captée par les cultures et accumulée dans les grains

Etc. ... les pistes sont nombreuses.

Le travail de statistique a montré que la qualité des données sur les ETM est plutôt satisfaisante sur les essais de Bergheim et d'Ensisheim, notamment sur les sols. Ces expérimentations ont étudié des PRO qui sont peu utilisés à l'heure actuelle sous ces formes (aujourd'hui les boues sont compostées dans le Haut-Rhin).

Les réseaux nationaux. Sur plus de 253 essais recensés pour les grandes cultures dans le Réseau PRO, une cinquantaine d'essais comprennent une partie d'étude du transfert des ETM. Les données seront à disposition des chercheurs pour confirmer les connaissances acquises et en dégager de nouvelles grâce aux analyses inter-essais qui peuvent être envisagées grâce à la base de données nationale qui sera créée. Les résultats de ces essais pourront être complétés par ceux de la plateforme de Colmar, et ceux de la plateforme QualiAgro à Feucherolles (dont les quantités apportées sont supérieures aux doses habituelles). L'exploitation des données mutualisées est prévue pour 2014 au niveau du Réseau PRO.

Proposition d'actions

Le travail préalable à la communication est l'interprétation des résultats des essais locaux (résultats pertinents et compréhensibles). Les partenaires du Réseau PRO doivent exploiter les données nationales et fournir des réponses claires. Les résultats locaux et nationaux pourront être comparés. Il convient ensuite de cibler des canaux et des moyens de communication efficaces et pertinents. Les conseillers techniques des chambres et des coopératives doivent être sensibilisés, puisqu'ils sont les interlocuteurs référents des agriculteurs. La principale difficulté pour la communication est d'impliquer ces acteurs, alors qu'ils n'ont pas été constructeurs des essais ou partenaires des réseaux nationaux. En complément à la communication des résultats d'essai, il convient de relativiser les risques ETM liés à l'utilisation des PRO d'origine non-agricole. Les flux d'ETM peuvent être négligeables en comparaison aux stocks d'ETM dans les sols (présence naturelle due à la dégradation de la roche mère). Dans un système agricole classique, les flux d'ETM sont multiples (dépôts atmosphériques, intrants fertilisants et amendants, produits phytosanitaires, eau d'irrigation, PRO d'origine agricole ou non, etc.). Certains prestataires de suivi agronomique apportent des éléments de comparaison des teneurs en ETM dans les composts de boues et les effluents d'élevage courants.

En ce qui concerne le risque ETM lié à l'utilisation des cendres sous foyer issues des chaudières biomasse, la mise en place d'expérimentations de plein champ peut être nécessaire.

3.2. Pistes de travail et perspective d'actions

3.2.1. Bilan des références à transmettre, à affiner et à acquérir

3.2.1.1. Beaucoup d'informations à transférer au terrain

Un travail de communication de long terme

Pour beaucoup de thématiques et de questions, nombre de références existent déjà. Ces connaissances doivent être transmises ou le plus souvent synthétisées ou remémorées. En effet, pour beaucoup des connaissances acquises, des supports de communication ont été réalisés par des organismes comme le SMRA68, l'ARAA ou la Chambre d'Agriculture, comme par exemple la campagne d'information Tabou(e)story sur la valeur agronomique, le risque ETM liés aux PRO non-agricoles, des guides synthétiques sur la matière organique qui concernent plutôt les PRO agricoles ou commerciaux, des articles dans le journal hebdomadaire spécialisé « Paysan du Haut-Rhin », etc. A ces supports écrits s'ajoutent des communications orales, généralement organisées par la Chambre d'Agriculture. Dans l'apprentissage comme dans la communication, la répétition est un élément important. Il faut cependant mettre en garde contre la surinformation, tout aussi négative que la non-information (les agriculteurs n'ont pas le temps de lire toute la documentation qui leur parvient). La diversification des techniques de communication peut être une piste de travail (réunions hivernales, expérimentations de démonstration, etc.) pour la communication auprès des agriculteurs. La rédaction de document de synthèse des supports écrits peut être une piste plutôt à l'intention des conseillers agricoles (à réfléchir avec les prestataires de suivi agronomique). Enfin, à propos des références et outils déjà communiqués, une formation sur l'outil Simeos-AMG a été proposée aux conseillers agricoles de la Chambre en mars 2013 (certains conseillers sont formés pour d'autres méthodes d'évaluation de la matière organique : diagnostic terrain ou laboratoire). Les tests de phyto et éco-toxicité, qui sont déjà utilisés, quant à eux, permettent d'évaluer le risque général d'un PRO et ainsi d'écarter de l'épandage tout produit qui aurait des effets néfastes pour l'agro-écosystème.

Des résultats d'essais à communiquer

De nombreux essais ont été réalisés pour lesquels peu de communication a été réalisée ou bien pour lesquels il n'existe pas de synthèse. C'est notamment le cas pour les essais témoins zéro azote de la Chambre et de l'ARAA ou encore les résultats finaux des expérimentations d'Ensisheim et de Bergheim sur les ETM ou l'effet amendement basique de certaines boues. Ces expérimentations sont terminées, la synthèse finale et conjointe de ces deux essais peut être le sujet d'un nouveau document qui pourra être complété par la synthèse des résultats nationaux (travail du Réseau PRO). La synthèse des essais zéro azote sera aussi l'occasion de rappeler que les facteurs influençant l'effet azote sont nombreux et si possible les qualifier (sensibilité de l'effet azote au facteur). A partir des synthèses d'essais, certains documents pourront être mis à jour et communiqués à nouveau aux conseillers, de manière plus formelle (journée technique, groupe de travail, etc.). Enfin certaines synthèses ont été trop peu communiquées et le terrain ne semble pas avoir connaissance de leur existence (ex : les grilles sur les effets azotés des PRO non-agricoles issues du travail conjoint entre la Mission Boues de la Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin et le SMRA68, établies sur la base des résultats d'essais alsaciens).

3.2.1.2. Des références et outils à affiner au niveau régional

Des bases de données locales à compléter, exploiter et valoriser

La Chambre d'Agriculture et le SMRA68 possèdent des bases de données sur la composition des PRO épandus en Alsace. Ces bases de données sont une mine d'or pour le terrain, qui n'en a pas toujours connaissance. Certains renseignements n'y figurent pas ou ne sont pas exploités, alors que ces informations permettraient parfois de faire un meilleur lien avec la recherche (qualification de la structure de production du PRO) ou de rendre les données plus concrètes pour le terrain.

Des références à acquérir

La plateforme PRO'spective de Colmar promet d'obtenir de nouvelles références (valeur agronomique de nouveaux PRO, nitrates, gaz à effet de serre) ou de continuer à acquérir des références (ETM, valeur agronomique des PRO utilisés). L'observatoire nitrates de l'ARAA (bougies poreuses dans des parcelles agricoles) permet l'acquisition de références sur le risque nitrates dans des sols divers de l'Alsace.

Des outils à paramétrer et évaluer

La région Alsace est partenaire du projet ABC'Terre d'AgroTransfert (simulation de l'évolution des taux et des stocks de MO sur un territoire agricole, appliqué à deux régions tests, Picardie et Alsace). Certains organismes acquièrent des références dans le but de paramétrer les outils de modélisation (ex : Syst'N grâce au dispositif bougies poreuses pour l'acquisition de références sur la lixiviation des nitrates dans différents sols alsaciens). Un travail sur la plateforme de Colmar porte sur la modélisation de la dynamique des nitrates dans le sol.

3.2.1.3. Des travaux nationaux pour affiner les références et outils

Des indicateurs analytiques de laboratoire à améliorer

Les indicateurs XP U 44 (ISMO, minéralisations potentielles) sont à améliorer pour certains PRO et des référentiels doivent être établis pour aider à leur interprétation, leur diffusion et leur utilisation par les acteurs du terrain.

Les bio-indicateurs sont en cours d'évaluation en France (évaluation des impacts des pratiques sur la biodiversité), notamment sur la plateforme QualiAgro de Feucherolles.

Des OAD à évaluer et paramétrer

Les outils AZOFERT[®] et Syst'N sont en cours d'évaluation ou doivent être validés pour le contexte alsacien et paramétrés pour l'ensemble des sols et PRO présents en Alsace.

Les Analyses de Cycle de Vie sur les PRO sont en cours d'élaboration grâce à un travail dont l'ADEME est le chef de file.

Des réseaux pour mutualiser les expériences et synthétiser les connaissances

Le SOERE PRO et le Réseau PRO permettront d'acquérir de nouvelles références (GES, polluants émergents, biodiversité, matière organique), ou de mutualiser des connaissances (ETM, valeur agronomique). Le Réseau PRO prévoit des analyses inter-essais au cours de l'année 2014.

Un état de l'art au niveau national

L'Expertise Scientifique Collective sur la matière fertilisante d'origine résiduaire commanditée par le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et le

ministère de l'agriculture, de l'agro-alimentaire et de la forêt pour laquelle l'INRA est un organisme central a pour but de faire un état de l'art sur les connaissances scientifiques acquises sur l'effet des produits résiduels (effets des épandages à court et long termes sur les plans environnemental et agronomique). Cette expertise comporte également une approche socio-économique. Les résultats sont attendus pour 2014 et un certain nombre d'éléments pourront intéresser les acteurs de la filière de recyclage agricole qu'il faudra alors informer.

3.2.1.4. Un besoin en recherche

La biodisponibilité du phosphore dans les PRO (et le sol) ainsi que la présence de polluants émergents dans les PRO et leurs effets sont des thématiques pour lesquelles il n'existe pas d'informations ou d'éléments de réponses à apporter au terrain. La recherche doit donc travailler sur ces questions.

3.2.2. Pertinence de l'expérimentation

Selon les personnes enquêtées, l'expérimentation semble utile et intéressante, environ la moitié d'acteurs y sont favorables. Il s'agit de conditions concrètes. Cela permet de conforter les connaissances et de prendre du recul sur les pratiques. Selon certains enquêtés, les essais jouent également un rôle pédagogique et sont support de communication. Un enquêté déclare que les essais sont « *indispensables pour le transfert [des connaissances] au terrain* ». Cependant, un grand nombre émettent des doutes et discernent des limites :

- Les résultats sont trop variables, « *ça ne permet pas d'en savoir plus* »
- Un essai est « *mono-factoriel* » et ne prend pas en compte l'ensemble de l'écosystème
- Il y a des risques liés à la communication si les essais portent sur d'éventuels polluants
- Ce n'est pas un levier d'action efficace car les résultats ne sont pas transférés ou transférables au terrain
- Il n'est pas possible de viser tous les cas de figure (tous les sols)
- Il y a déjà trop d'essais
- L'obtention des résultats est parfois longue ce qui induit un déphasage avec le terrain
- Les essais sont trop complexes pour que les résultats soient partagés pour les acteurs
- La mise en place d'un essai induit un coût élevé.

Pour les conditions d'expérimentation (lieux, temporalités), les enquêtés n'ont pas fourni de réponse généralisable. Les réponses dépendent beaucoup du type d'acteurs et des objectifs poursuivis par l'essai. Le seul critère qui ressort porte sur les résultats ; ils doivent être « *concrets* », « *utilisables* » et « *accessibles* ».

Plusieurs acteurs ont émis l'hypothèse que d'autres moyens peuvent améliorer la connaissance des acteurs et l'utilisation des PRO :

- Les essais démonstratifs et comparatifs, dont le rôle est avant tout pédagogique et qui s'adressent directement aux agriculteurs
- Le recours au laboratoire plutôt qu'aux expérimentations de plein champ (d'où l'intérêt de mettre en place des indicateurs analytiques sûrs et interprétables)
- Des outils de modélisation ou des OAD (d'où l'intérêt de développer ces modèles et de former les prescripteurs à leur utilisation).

Ces pistes sont d'ores et déjà explorées par la recherche. Il faut mettre en garde sur les outils de modélisation. Ils doivent être paramétrés pour le contexte local et sont uniquement des éléments d'aide à la décision, n'affranchissant pas le conseiller ni l'agriculteur d'une analyse de la situation.

3.2.3. Plan d'action

Le plan d'action est présenté en Annexe 11 (p. 62 des annexes). Il regroupe les pistes d'actions proposées en six axes :

- Synthétiser les connaissances acquises, notamment en participant aux réseaux nationaux ou à un travail régional
- Améliorer la circulation de l'information au niveau régional (nouveaux partenariats à envisager, création d'un groupe de travail régional)
- Faire remonter les besoins du terrain vers la recherche (critique des outils et tests disponibles, nouvelles questions, etc.)
- Communiquer les références acquises et les outils (continuer la campagne de communication, publications dans la presse agricole régionale, réunions avec les prestataires, rencontres avec les agriculteurs, etc.)
- Se tenir au courant des nouvelles références acquises, notamment en continuant à participer aux réseaux nationaux (ASTEE, Réseau PRO, SOERE PRO, etc.)
- Participer à créer de nouvelles références (grâce à PRO'spective), dans le but de fournir des références à la recherche et aux acteurs du terrain (voir 4.3.3 Raisonner les expérimentations : rôle et mise en place, p. 63)

L'objectif de ces axes de travail est au final de fournir toutes les informations nécessaires aux agriculteurs et à leurs conseillers pour gérer les PRO et optimiser leur valorisation.

4. Discussions et perspectives

4.1. Analyse critique de la méthodologie

4.1.1. Validation de l'hypothèse de travail

L'enquête auprès de quelques agriculteurs a montré qu'ils sont peu à se poser des questions sur les PRO. Les informations dont ils disposent leur suffisent pour répondre à leurs besoins de renseignements pour l'utilisation et à leurs craintes. Le fait de cibler des acteurs en lien avec les agriculteurs ou des organismes « ressources » (recherche et développement, lycée agricole) a donc permis de faire ressortir les interrogations des agriculteurs plus facilement que s'il avait été nécessaire d'interroger les agriculteurs eux-mêmes.

L'enquête téléphonique auprès des agriculteurs a montré que l'intérêt agronomique repose principalement sur l'apport azoté des produits, et secondairement sur la MO. L'enquête qualitative a fait ressortir le besoin des prestataires et d'autres acteurs d'avoir à disposition des outils et des références sur l'azote. Ces deux éléments sont donc tout à fait cohérents, puisqu'il apparaît que les conseillers agricoles souhaitent disposer d'informations fiables à fournir aux agriculteurs pour l'intérêt que ces derniers visent (effet engrais azoté). Les conseillers cherchent donc à optimiser l'utilisation des produits dans l'intérêt des agriculteurs. L'enquête qualitative avait mis en avant quelques questions sur les ETM, mais qui étaient passagères et ne nécessitaient pas réellement de nouvelles références (sauf essais pouvant confirmer les connaissances déjà acquises). Ceci se retrouve dans l'enquête téléphonique, où certains agriculteurs parlent des prestataires privés en disant « *je fais confiance [...] il y a de l'ordre.* ». La réglementation et la transparence des prestataires sont des points importants de la filière.

4.1.2. Points positifs de la méthodologie

Etant donné la confirmation de l'hypothèse de départ sur la cohérence des discours enquêtés et agriculteurs, la méthodologie d'enquête sociologique auprès des relais d'opinion a été efficace. Passer par les acteurs en lien avec les agriculteurs ou certains organismes de recherche a permis de capter les besoins en informations plus efficacement que par une enquête auprès des agriculteurs eux-mêmes. De plus, les conseillers réalisent en amont du discours une première synthèse des interrogations des agriculteurs et des informations dont ils pourraient avoir besoin (sans qu'ils le formulent). Par exemple, l'effet azoté est le premier

visé par les agriculteurs, mais ils ne font pas part d'un besoin en informations sur la valeur azotée. Les conseillers traduisent cela par un besoin en information (permettant alors à l'agriculteur d'optimiser l'utilisation des produits, mieux exploiter le potentiel azoté des PRO). L'interrogation des conseillers agricoles leur permet de faire part de leurs propres questions et notamment l'intérêt des outils (modélisation, aide à la décision) qu'ils sont nombreux à citer.

4.1.3.Limites liées aux méthodes mises en œuvre

4.1.3.1. L'enquête

Personnes rencontrées

Le choix des personnes enquêtées a été fixé selon les contacts de l'ARAA et du SMRA68. Cela comporte donc un biais important. Cela a cependant permis un gain de temps notable lors de l'enquête.

Certaines personnes rencontrées n'étaient pas en lien direct avec les agriculteurs (cas des enquêtés à poste de responsabilité dans une coopérative). Cela n'a donc pas permis de connaître les préoccupations réelles des agriculteurs, mais plutôt les leurs. La rencontre de cette coopérative reste toutefois très intéressante, pour les commanditaires comme pour eux, puisqu'ils sont rarement sollicités sur cette filière.

Déroulement des entretiens

Les entretiens se sont globalement réalisés dans de bonnes conditions (lieu propice à la discussion, peu d'interruptions, etc.). Les entretiens ont parfois été écourtés, en raison des conditions (appels téléphoniques) ou de la durée. L'enregistrement a dû être abandonné rapidement, car les enquêtés semblaient autocensurer leurs propos. L'enregistrement est un outil intéressant : d'une part, parce que l'enquêteur est moins tributaire de la prise de note lors de l'entretien, et d'autre part parce que la réécoute permet de mieux repérer l'intensité des questions dans le discours ou de relever des éléments oubliés.

Hiérarchisation des questions

Trouver un indicateur pertinent pour la hiérarchisation des questions a été compliqué. Il fallait définir un indicateur pertinent, mesurable, interprétable et non redondant. L'indicateur choisi au final est lié à la fréquence des mots-clefs (nombre de questions en rapport avec le mot-clef, nombre de personnes ayant posé la question). Les 15 mots-clefs ont été définis par

l'enquêteur. Cet indicateur est moins subjectif que l'intensité des questions. L'indicateur ne tient pas compte de la spontanéité de l'enquête sur le sujet, ni de l'intensité (même si ces informations sont disponibles dans l'Annexe 10, p. 29 des annexes). D'autres indicateurs auraient pu être proposés, tels que des indicateurs d'urgence.

4.1.3.2. Etude de la qualité des données

Le travail sur les données des deux essais de moyenne durée a été peu valorisé dans ce document. Le travail d'analyse de la qualité des données n'a pas permis d'améliorer la connaissance des résultats des essais. Globalement, les puissances sur ces deux essais sont plutôt faibles. L'analyse de la qualité des données a montré que ces essais locaux ne peuvent pas constituer des réponses complètes et suffisantes. Les résultats et les conclusions de ces essais doivent être comparés à d'autres essais. L'intérêt d'une mutualisation des données d'essais au niveau national est démontré à nouveau.

4.2. Interprétation et discussion des résultats

4.2.1. Comparaison des résultats de l'enquête avec d'autres études

4.2.1.1. 1994 : premier audit de la filière

En 1994, une première campagne d'enquêtes avait été menée par l'Institut de l'élevage (en 1994) à destination du SMRA68. A cette époque, les utilisateurs mettaient en avant le service rendu à la collectivité (Guinamard, 1995). En 2013, l'argument est toujours existant mais vient généralement après l'effet agronomique. Il semble depuis 1994 que la recherche de l'effet « engrais » se soit développé peu à peu. Il y a donc un changement d'attitude des utilisateurs face au produit. Le même constat peut être réalisé pour les éleveurs, même s'il paraît plus lent.

Dans le rapport de l'audit de filière de 1994, Guinamard (1995) écrivait que « *de façon spontanée, les agriculteurs n'expriment pas de besoins d'information sur les boues* ». L'enquête 2013 a montré qu'il en est de même près de 20 ans après. Les conseillers agricoles sont donc des traducteurs des besoins non-exprimés par les agriculteurs.

Le rapport de 1994 mettait également en évidence un besoin d'information et de clarification sur les PRO avec une focalisation sur les « métaux lourds », incertitude pour nombre d'agriculteurs de l'époque. Certains utilisateurs obtenaient des informations à partir « *d'éléments, de théories, de rumeurs dont il est difficile de connaître l'origine* ». Si

aujourd'hui les agriculteurs abordent toujours le sujet des ETM, il semble que la réglementation, le suivi des analyses et la transparence des prestataires privés rassurent les agriculteurs. Les bulletins d'analyse de sol et de PRO sont donc leur principale source d'informations sur ces ETM.

4.2.1.2. Depuis 2001 : second audit de la filière

« *L'ensemble des agriculteurs est attaché à connaître la composition des boues tant par rapport à la teneur en éléments fertilisants que par rapport à la teneur en polluants* » (Quenet, 2001). Cette remarque se retrouve dans le discours des agriculteurs enquêtés en 2013 : ils consultent les rapports d'analyses des produits qui sont épandus. Les résultats qui y figurent semblent leur suffire. En revanche, en ce qui concerne les effluents d'élevage, le nombre d'agriculteurs réalisant régulièrement des analyses semble faible. Les démarches sont donc totalement différentes suivant l'origine agricole ou non du produit.

4.2.1.3. Les enquêtes quantitatives de 2009, 2010 et 2013

Différentes enquêtes de type quantitatives auprès des agriculteurs haut-rhinois utilisateurs de PRO non-agricoles menées en 2009 et 2010 ont mis en évidence qu'un grand nombre de personnes ne souhaitait pas avoir d'informations supplémentaires. Quelques agriculteurs souhaitaient avoir des informations sur la valeur agronomique, la présence de molécules indésirables dans les PRO non agricoles (Lacharme, 2009). Ceci est en adéquation avec les informations fournies par les personnes enquêtées en 2013. En 2013, une enquête quantitative auprès des utilisateurs de PRO non-agricoles a été réalisée pour la Mission Boues de la Chambre d'agriculture du Bas-Rhin (Hentzler, 2013). Cette enquête a mis en évidence des inquiétudes vis-à-vis des ETM, et des traces d'hormones et de médicaments. Un constat qui ressort également de l'enquête qualitative réalisée pour le SMRA68.

L'enquête de 2009 menée pour le SMRA68 précise qu'« *En général, ce sont les prestataires de suivi agronomique qui viennent aux agriculteurs et non les agriculteurs qui en font la demande.* » (Lacharme, 2009), tandis qu'en 2013, il semble que ce phénomène se soit inversé, au moins pour le Haut-Rhin. Le démarchage auprès des agriculteurs n'est plus la pratique courante.

4.2.2. Critique de la fiabilité et de la durabilité des résultats

La qualité des résultats de l'enquête est plutôt satisfaisante aux vues des critiques de la partie précédente. Notons tout de même qu'il s'agit là de sciences humaines et que les enquêtes ont

toujours des limites (incompréhension entre l'enquêté et l'enquêteur, dissimulation ou oubli de l'enquêté, interprétation de l'enquêteur, etc.).

En ce qui concerne la durabilité des résultats, le SMRA68 conduira une étude de motivation en 2014 sur l'ensemble de la filière de recyclage des PRO d'origine non-agricole. Un certain nombre de points sera évoqué dans cette étude, et ces enquêtes préciseront certains aspects des résultats de 2013. L'intégration de nouveaux produits dans la filière, notamment les cendres et les digestats, conduira probablement à la multiplication des questions sur ces nouveaux produits. Pour ce qui est des effluents d'élevage, il est possible que certains procédés se développent à moyen et court termes : par exemple la méthanisation agricole, le compostage des fumiers, etc.

4.2.1. Une recherche en accord avec les besoins du terrain

Les pistes de travail relevées sont très nombreuses et portent sur divers points : mise en place d'expérimentations au champ sur des moyennes et longues durées, proposition de tests de laboratoire, élaboration d'outils de modélisation, etc. Il est clair que la recherche est très active sur l'étude des PRO et de leurs effets potentiels. Les thématiques de recherche sont très vastes : de la biodiversité au stockage du carbone, en passant par la minéralisation de l'azote et la structure du sol, des thèmes plus ou moins proches de préoccupations actuelles et immédiates du terrain. Notons que toutes les questions des acteurs du terrain recensées lors de l'enquête sont étudiées dans les sphères de la recherche. Si la recherche et le terrain ont des difficultés à communiquer, il semble que ce ne soit pas dû à des intérêts différents. Pour illustrer cette cohérence entre recherche et terrain (absence de déphasage), il est possible de s'appuyer sur la plateforme expérimentale PRO de Colmar, dite « PRO'spective ». Cet essai est actuellement en réorientation. Sa poursuite permettra l'acquisition de références sur :

- l'accumulation d'ETM dans les sols et dans les cultures
- les émissions de GES
- la viabilité à moyen terme de la substitution totale des engrais minéraux par des PRO
- l'étude de la durabilité du système de culture (analyse d'indicateurs sociaux et économiques pour appréhender la durabilité du système : simulations financières (rentabilité, coûts de mise en œuvre), la durée de travail, etc.
- l'impact du compostage de certains PRO bruts (fumier, boue) sur le sol, l'eau et les plantes
- la valorisation de l'azote par les cultures et les flux de pertes par lixiviation des nitrates
- la présence de polluants émergents dans les sols et les eaux.

(INRA *et al.*, 2013, Houot *et al.*, 2013)

4.3. Perspectives et plan d'actions

4.3.1. Matière organique : un message de fond

Le mot-clef « effet amendement organique et qualité de la MO » figure au deuxième rang sur la fréquence des mots-clefs. Il s'agit d'une thématique très présente dans l'esprit des personnes enquêtées comme dans le discours des agriculteurs. Tandis que les questions sur la valeur « engrais » étaient très précises, celles sur la valeur « amendement organique » l'étaient beaucoup moins. Il semblerait que les utilisateurs de PRO et quelques conseillers méconnaissent (ou oublient) certains rôles de la MO. Les agriculteurs citent très souvent la fonction de la MO dans la fertilité physique (structure du sol, porosité), puis la fertilité biologique (« *nourrit la vie du sol* ») et observent son effet sur la fertilité chimique (« *ça se voit sur la plante* »). La fonction de la MO mise en avant par un agriculteur dépend beaucoup de sa sensibilité (ex : un agriculteur qui irrigue peut remarquer qu'il économise un tour d'irrigation dans les parcelles recevant des PRO, tandis qu'un autre sera sensible à l'abondance des vers de terre). La MO a également une incidence sur la qualité de l'eau, de l'air et des cultures. Il est difficile de dire à partir de l'enquête si ces rôles sont reconnus.

Le choix du PRO à utiliser dépend de l'objectif de l'agriculteur (par rapport aux besoins du sol et de la culture). Le PRO à choisir est donc différent selon que l'agriculteur souhaite influencer sur la structure du sol, améliorer sa fertilité chimique à court (azote minéral ou rapidement minéralisable) ou moyen termes (arrière-effets, arrière-effets cumulés) ou encore stocker du carbone. Il semble que le choix des PRO soit encore peu raisonné de cette manière à l'heure actuelle sur le terrain. Pour illustrer ce phénomène, plusieurs agriculteurs anciennement utilisateurs de boues cellulosiques se sont inscrits sur le répertoire des parcelles pouvant recevoir des digestats de méthanisation. L'intérêt de ces deux produits étant totalement différents, on peut se demander si ces choix ont été raisonnés. L'acquisition et la communication de références sur l'effet des PRO, notamment sur la fertilité physique, chimique et biologique de la MO apportée, pourra aider l'agriculteur à faire un choix pertinent en adéquation avec les objectifs qu'il se fixe.

L'enquête a montré que la MO est un message de fond sur lequel il est indispensable de travailler. En premier lieu, il faut améliorer les connaissances du terrain sur les rôles de la MO, dont certains sont ignorés ou ont été oubliés par les agriculteurs. Un travail de communication et de formation permettra d'une part de montrer que l'utilisation d'un PRO doit répondre à un besoin conformément au principe d'intérêt agronomique, et d'autre part de pouvoir communiquer plus facilement sur les avancées de la recherche. La communication

n'est plus uniquement du ressort du SMRA68. La proposition de formations sur ce thème aux agriculteurs peut être une occasion de relancer le partage des connaissances sur la MO. Sur ce sujet, il semble intéressant de mieux valoriser les connaissances du terrain, par exemple en incitant les agriculteurs à partager leurs expériences (organisation de rencontres). Les essais de démonstration peuvent être des outils de communication, car ils sont une motivation pour la rencontre des agriculteurs entre eux et des conseillers pour favoriser l'échange. Ensuite, la recherche doit continuer le travail sur les fonctions de la MO et s'attacher à étudier l'effet des différents types de PRO sur cette MO.

4.3.2. Un travail de communication et de partenariat

Les fiches par thématique mettent en évidence l'existence d'un grand nombre de pistes de travail déjà engagées ou en cours dans les sphères scientifiques et répondant à de nombreuses questions des acteurs (voir Annexe 10, p.29 des annexes). Ce sont des résultats d'expérimentations, des indicateurs et des tests de laboratoire, des OAD, etc. Cependant, la transmission des connaissances, références et outils aux conseillers agricoles et aux agriculteurs semble rester insuffisante. Les raisons sont multiples : difficulté de lecture des résultats, pas de connaissances des outils, surcharge d'informations, absence ou exclusion dans les projets expérimentaux, etc. Ces différentes raisons mènent souvent à la difficulté d'appropriation des résultats par les acteurs du terrain. Il faut donc revoir les formes et les canaux de communication, notamment auprès des conseillers agricoles et des prestataires qui sont de bons relais des connaissances.

Beaucoup d'acteurs demandent à savoir quels sont les effets agronomiques (azoté principalement, mais également « matière organique ») des PRO en tenant compte de la nature du PRO, de la date et de la dose d'apport du PRO, du sol récepteur, du mode de travail et de la date de travail du sol, de l'historique (régularité des apports de PRO), des conditions d'épandage, etc. Une expérimentation ne peut répondre à ces questions, car il est impossible de cibler tous les cas. La multiplication des essais est une piste difficile à envisager étant donné les besoins financiers et techniques qu'ils entraîneraient et semble peu pertinente vis-à-vis des utilisateurs. Plusieurs acteurs ont évoqué le besoin des agriculteurs ou des prescripteurs d'avoir à disposition des outils ou grilles de décision sur l'intégration des PRO dans le système d'exploitation (choix du PRO, période d'épandage, etc.). La création d'un tel outil peut être envisagée en tant que projet de filière, mettant alors ensemble conseillers agricoles, agriculteurs et services d'expertise et de recherche dans une optique de partage des connaissances et de valorisation des expérimentations déjà réalisées.

4.3.3. Raisonner les expérimentations : rôle et mise en place

La création de références grâce à la mise en place d'expérimentations de plein champ est néanmoins indispensable et doit être poursuivie. Les expérimentations ont plusieurs vocations :

- Créer des références à l'attention des conseillers agricoles
- Alimenter les bases de données nationales
- Fournir des références pour le calage des tests de laboratoire (cohérence effets prédits au laboratoire avec effets observés au champ)
- Fournir des références pour le paramétrage des outils de modélisation et OAD.
- Enfin, un rôle pédagogique pour illustrer les connaissances scientifiques auprès des agriculteurs.

Ces différentes vocations peuvent être complémentaires ou non. En effet, selon le but de l'expérimentation, les partenaires à associer au projet seront différents et les suites données au projet également. Les essais à but pédagogique (essais de démonstration) « *ne peuvent être considérés comme des dispositifs d'acquisition de référence au sens strict* » (mise en œuvre succincte, pas de traitement statistique), mais ont un rôle pédagogique majeur auprès des agriculteurs (Bourgeois *et al.*, 1996) et sont des dispositifs souhaités par de nombreux acteurs du terrain. Ce type d'essai nécessite un partenariat avec les organismes qui connaissent bien ces dispositifs (Chambre d'Agriculture, Arvalis-Institut du Végétal, etc.). La création de références à l'attention du terrain quant à elle repose sur un partenariat fort avec les acteurs du terrain ou une co-construction. En effet, l'expérience de Jean Masson, ex-président de l'INRA de Colmar, sur les groupes de travail locaux a montré que l'engagement véritable des acteurs du terrain dans la construction des projets d'essais scientifiques conditionne *a priori* l'acceptation des résultats par ces personnes (Masson, communication personnelle, 2013). L'expérience des essais d'Ensisheim et de Bergheim a bien montré que le problème central n'était pas le décalage des préoccupations entre acteurs du terrain et thématique des expérimentations mais plutôt la difficulté de communication des résultats auprès des acteurs du terrain.

L'amélioration des outils et des indicateurs de laboratoires pourra amener le SMRA68 à mettre en place des expérimentations pour aider la recherche (mise au point de techniques de dosage grâce au lien laboratoire-champ, alimentation d'outils de modélisation, etc.). La mise en place de toute nouvelle expérimentation doit s'appuyer sur les expériences passées (choix des variables, choix des partenaires, raisonnement de la communication, etc.).

Conclusion

La nécessité pour la recherche de rester proche des préoccupations du terrain et de répondre aux attentes des acteurs est indispensable au maintien de la filière de recyclage agricole des PRO, à l'amélioration et au développement de leur utilisation. Au niveau de la région Alsace, une enquête a été réalisée pour connaître les questions du terrain auprès des conseillers agricoles et des organismes de recherche développement et transfert, acteurs reflétant les interrogations des agriculteurs et leurs propres besoins. La réalisation de cette enquête sociologique a mis en évidence une grande diversité de questions : 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 traitements biologiques. La valeur « engrais », en particulier la valeur azotée des PRO, fait l'objet du plus grand nombre de questions de vive intensité. Il existe des références sur la valeur azotée obtenues à partir d'expérimentations au champ et qui ont été en partie communiquées auprès des acteurs du terrain. Soit ces informations ne sont pas suffisamment synthétiques ou claires pour ce public, soit elles sont difficiles à interpréter en raison du grand nombre de facteurs influençant l'effet au champ ou de l'abondance de références parfois contraires. Une meilleure communication entre recherche et terrain est nécessaire. Cette communication doit être bilatérale, concrète et interactive (échanges). Le constat est le même pour les questions portant sur le risque ETM. Ces questions sont étudiées depuis 20 ans au niveau régional et ont fait l'objet de plusieurs expérimentations de plein champ. Les résultats de ces essais sont de bonne qualité et peuvent être étayés par d'autres expérimentations nationales. Pour d'autres sujets, c'est à la recherche de conduire l'action. Il s'agit principalement des questions sur les polluants émergents, le phosphore, les gaz à effet de serre. Enfin, la plupart des questions ont déjà des pistes de réponses, car elles font l'objet de travaux de recherche. Ce constat rassure sur la concordance entre les thématiques actuelles de recherche et les besoins ou préoccupations du terrain. Ces questions nécessitent que la recherche travaille encore sur des références (nouveaux PRO, synthèse des connaissances), la correspondance laboratoire-champ (indicateurs XP U 44 de potentiel agronomique) ou le paramétrage d'OAD (Simeos-AMG, Syst'N, AZOFERT®). Affiner les références et outils exige un dialogue plus fourni entre terrain et recherche (de quoi a besoin le terrain, de quoi a besoin la recherche, quelles sont les difficultés et les limites rencontrées par le terrain avec les outils proposés par la recherche). La mise en place du Réseau PRO permet en partie ce dialogue. Il est important de faire perdurer ce projet au-delà

du financement par le CasDAR, et de veiller à ce que le dialogue se fasse jusqu'aux acteurs finaux (conseillers agricoles notamment). Ces travaux d'aller-retour entre recherche et terrain concernent la plupart des sujets : valeur « engrais », valeur « amendement organique », évaluation des risques nitrates, etc.

Au niveau national, la mise en place du Réseau PRO promet un meilleur échange entre terrain et recherche à travers le partenariat entre organismes de transfert et instituts de recherche. Il permet à la fois aux organismes de développement ou de transfert (ARAA, SMRA68, Chambres d'Agriculture) de faire remonter les questions du terrain et les difficultés (inadéquation des indicateurs de laboratoire par exemple) et également à la recherche de communiquer ses besoins en données (PRO et thématique à étudier, indicateurs à évaluer, conditions et protocole à respecter, contexte pédoclimatique). Ce réseau est donc important dans la filière de recyclage agricole. Au niveau régional, il est nécessaire de mieux communiquer avec les acteurs du terrain, d'une part pour connaître leurs questions, besoins et préoccupations, d'autre part pour transférer les connaissances scientifiques de manière plus efficace. La mise en place de nouveaux partenariats au niveau régional semble donc indispensable, notamment entre Chambre d'agriculture et SMRA68. La mise en place d'un groupe régional « Matière organique » est une possibilité pour intégrer plus de partenaires (y compris des organismes *a priori* moins concernés qui souhaitent être impliqués), formaliser le discours et la régularité des rencontres, mettre en place des projets de filière (par exemple des essais qui apporteront des références à destination de la recherche pour le calage et l'évaluation d'indicateurs analytiques, le paramétrage d'OAD, ou des essais démonstratifs pour illustrer les connaissances et les transférer aux agriculteurs). La MO est un sujet ambiant sur le terrain, mais peu de questions ou d'interrogations sont exprimées de manière précise, signe que les connaissances sur son intérêt et sa gestion peuvent être améliorées. Cela nécessite à la fois des travaux de recherche et un travail d'échanges sur le terrain.

Bibliographie

ACTA, 2011. AP10 n°10095 - 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. Fiche CasDAR 2010.

ADEME, AILE, SOLAGRO, TRAME, 2011. La méthanisation à la ferme - Guide pratique. ADEME.

Antony, S., 2013. Epannage agricole de boues et autres produits résiduaire organiques d'origine non agricole - Partage d'expérience et témoignage.

Association de la Filière Pain Artisanal d'Alsace AFPAA, 2009. Référentiel technique "Produits Alsépi."

Association pour la Relance Agronomique en Alsace, 2009. ARAA [en ligne] Disponible sur <http://www.araa-agronomie.org/> (consulté le 03.06.2013).

Baize, D., 2000. Guide des analyses en pédologie, 2ème édition, Collection technique et pratiques. INRA Edition.

Baize, D., Courbe, C., Suc, O., Schwartz, C., Tercé, M., Bispo, A., Sterckman, T., Ciesielski, H., 2006. Epannage de boues d'épuration urbaines sur terres agricoles : impacts sur la composition en éléments traces des sols et des grains de blé tendre. *Courrier de l'environnement INRA*.

Balloy, B., 2013. Communication personnelle.

Bapst, S., Valentin, N., 2013. Rapport d'Activité du SMRA68 pour l'année 2012. SMRA68, non publié.

Beaud, S., Weber, F., 2010. Guide de l'enquête de terrain, 4ème édition augmentée. Grands repères. La Découverte, Paris, 334 p..

Biochar International, 2013. What is biochar ? Biochar.

Bourgeois, *et al.*, 1996. La valeur azotée des boues. ADEME.

Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin, 2013. Analyse des effluents d'élevage du Bas-Rhin. Extraction de la base de données le 20.03.2013.

Chambre d'Agriculture du Languedoc-Roussillon, 2011. Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon - Tome 2. Chambre Régionale d'Agriculture de Languedoc-Roussillon.

Citeau, L., Bispo, A., Bardy, M., King, D., 2008. Gestion durable des sols, Edition Quae, Savoir faire. Versailles.

Conseil de l'Union européenne, 1997. Résolution du Conseil du 24 février 1997 sur une stratégie communautaire pour la gestion des déchets, Journal officiel de l'Union européenne.

Denais, L., Houot, S., Montenach, D., Morvan, T., Nicolardot, B., Sappin-Didier, V., Lebeau, T., Poitrenaud, M., Schaub, A., Valentin, N., 2007. Actes du colloque "Retour au sol des Produits Résiduaire Organiques" - Des essais au champ de longue durée: Intérêt d'un réseau. Campus du Biopole de Colmar le 27 novembre 2007. 180 p.

Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt Alsace (DRAAF Alsace), 2009. Les petites régions agricoles [en ligne] Disponible sur <http://draaf.alsace.agriculture.gouv.fr/Les-petites-regions-agricoles,173> (consulté le 20.05.2013).

EUR-Lex, 1986. Directive 86/278/CEE du Conseil du 12 juin 1986 relative à la protection de l'environnement et notamment des sols, lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture, JOUE n° L181.

EUR-Lex, 2008. Règlement (CE) no 889/2008 de la Commission du 5 septembre 2008 portant modalités d'application du règlement (CE) no 834/2007 du Conseil relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques en ce qui concerne la production biologique, l'étiquetage et les contrôles.

Ferstler, V., 2010. Point sur la réglementation sur l'utilisation des boues en agriculture.

Gloria, C., 2012. Fertilisation. La recherche s'active sur le phosphore. Réussir Grandes Cultures. Paru le 10.08.2012.

Guinamard, C., 1995. La valorisation agricole des boues dans le Haut-Rhin - Etude de motivation auprès de différents acteurs de la filière. Institut de l'élevage, Colmar.

Hentzler, C., 2013. L'épandage des boues résiduaire d'épuration dans le secteur sud du Bas-Rhin (Rapport de stage). Université de Poitiers, Strasbourg.

Houillon, G., Gambotti, M., Chabrier, J.-P., L'Huillier, M., 2013. Etat des lieux des gisements de la matière organique en Alsace, perspectives de développement des installations de production de biogaz. BG Ingénieurs Conseils SAS, EnviroConsult, Solagro, ADEME.

Houot, S., Cambier, P., Deschamps, M., Benoit, P., Bodineau, G., Nicolardot, B., Morel, C., Linères, M., Le Bissonnais, Y., Steinberg, C., Leyval, C., Beguiristain, T., Capowiez, Y., Poitrenaud, M., Lhoutellier, C., Francou, C., Brochier, V., Annabi, M., Lebeau, T., 2009. Compostage et valorisation par l'agriculture des déchets urbains. Innovations Agronomiques 5, p.69–81.

Houot, S., Montenach, D., Schaub, A., Hammel, F., Isch, A., 2013. Comité de Pilotage de la plateforme PRO'spective de Colmar.

Imhoff, M., Valentin, N., Schaub, A., Houot, S., 2011. Essai de Bergheim. Etude des effets d'épandages répétés de boues industrielles sur la qualité des sols et des récoltes en comparaison à une fertilisation minérale. Rapport de l'année 2008. Rapport confidentiel. SMRA68, ARAA, INRA, Colmar.

INERIS, 2001. Circulaire du 28/06/2001 relative à la gestion des déchets organiques.

INRA, ACTA, 2009. Dossier de demande de financement CasDAR pour le Réseau PRO.

INRA, ARAA, SMRA68, 2013. Plateforme PRO'spective Alsace - Dossier de demande d'aide en réponse à l'Appel à projet R&D "Déchets Organiques, retour au Sol, Traitements et Energie" lancé par l'ADEME.

Kling-Eveillard, F., Frappat, B., Couzy, C., Dockès, A.-C., 2012. Les enquêtes qualitatives en agriculture - De la conception à l'analyse des résultats, Méthodes et outils. Institut de l'Elevage, Paris.

Lacharme, C., 2009. Le recyclage agricole dans le Haut-Rhin. Enquête auprès d'agriculteurs. Université de Haute-Alsace, Colmar.

Lambert, Député des Bouches du Rhône, F.M., 06.02.2013. Vers une économie circulaire. Institut de l'économie circulaire.

Legifrance, 2006. Article L425-1 créé par Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 - art. 45 JORF 31 décembre 2006, Code des assurances.

Legifrance, 2010. Articles L541-1-1, Code français de l'environnement.

Legifrance, 2011. Arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole, JORF n°0295.

Lopez-Cano, *et al.*, 2013. Effect of biochar on the N mineralization dynamics of an agricultural soil amended with sheep manure. Presented at the Network on Recycling of agricultural, municipal and industrial residues in agriculture, Versailles.

Loué, A., 1993. Les oligo-éléments en agriculture, La Grande Librairie, Agri Nathan International. Paris.

Masson, J., 2013. Communication personnelle.

Ministère de l'agriculture, 2013. Plan Energie Méthanisation Autonomie Azote.

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 2013. Expertise Scientifique Collective sur les

Matières Fertilisantes d'Origine Résiduaire - Impacts agronomiques, environnementaux et socio-économiques.

Phuong, N., 2013. The use of vermicompost and biochar to increase soil fertility and carbon sequestration of degraded soil in Northern Vietnam. Presented at the Network on Recycling of agricultural, municipal and industrial residues in agriculture, Versailles.

Préfet du Haut-Rhin, 2008. Arrêté préfectoral n° 2008-1131 du 18 avril 2008 portant désignation du Syndicat Mixte pour le Recyclage Agricole comme Organisme Indépendant du producteur de boues dans le Haut-Rhin.

Quenet, S., 2001. Évaluation de « tabou(e) story », campagne d'information menée par la MRA68. Institut de l'élevage, Mission recyclage agricole du Haut-Rhin, Colmar.

RMT Sols et Territoires, 2012. Le carbone organique des sols cultivés de Poitou-Charentes - Quantification et évolution des stocks. Etude méthodologique.

Schaub, A., Valentin, N., 1999. Site de référence d'Ensisheim. Rapport de synthèse 1995-1998. Mission recyclage agricole Haut-Rhin, Colmar.

SMRA68, 2007. Statuts du Syndicat Mixte de Recyclage Agricole du Haut-Rhin.

SMRA68, 2009. Des professionnels au service du recyclage agricole des boues. Tabou(e)story 4 p.

Strehler, J.-F., 2013. Compostage du fumier. Paysan du Haut-Rhin.

Syndicat Mixte de Recyclage Agricole du Haut-Rhin, 2013. Syndicat Mixte Recyclage Agricole du Haut-Rhin [en ligne] Disponible sur <http://www.smra68.net/> (consulté le 05.03.2013).

Thècle, V., 2009. Stratégie - Des boues en substitution des engrais. La France Agricole pp. 30–31.

Thourot, P., 2010. Le risque de développement. SCOR Papers.

Thuriès, L., Houot, S., 2008. Indicateurs d'état et de prévision de la dynamique de transformation des apports organiques.

Trémel-Schaub, A., Feix, I., 2005. Contamination des sols - Transfert des sols vers les plantes. EDP Sciences et ADEME Editions. 413 p.

Tomis, V., 2013. Gestion de l'état organique des sols avec SIMEOS-AMG.

Valentin, N., 2013. Communication personnelle.

Figures et tableaux

Figure 1 : Actions définies par le SMRA68 pour atteindre ses objectifs	4
Figure 2 : Objectifs du réseau PRO	5
Figure 3 : Estimation des productions totales de PRO dans le Haut-Rhin et des quantités recyclées	6
Figure 4 : Nomenclature des PRO	8
Figure 5 : Production de produits résiduaux organiques des collectivités et des industries recyclées ou non en agriculture en 2012	8
Figure 6 : PRO et statuts au sens réglementaire	10
Figure 7 : Arbre à problèmes autour des interrogations des acteurs du terrain	17
Figure 8 : Arbre à solution autour du lien recherche - terrain	17
Figure 9 : SAU par production agricole dans le Haut-Rhin	20
Figure 10 : Production Brute Standard par production agricole dans le Haut-Rhin	20
Figure 11 : Carte de la filière recyclage agricole dans le Haut-Rhin	21
Figure 12 : Trois niveaux de représentations sociales	23
Figure 13 : Petites régions agricoles d'Alsace	25
Figure 14 : Plan de l'essai d'Ensisheim	29
Figure 15 : Chronologie de l'essai d'Ensisheim	29
Figure 16 : Plan de l'essai de Bergheim	30
Figure 17 : Chronologie de l'essai de Bergheim	30
Figure 18 : Freins liés à l'utilisation des PRO en agriculture.	35
Figure 19 : Hiérarchisation des mots-clefs	34
Figure 20 : Carte de situation des agriculteurs enquêtés par téléphone	39
Figure 21 : Profil pédologique associé à la parcelle de l'essai situé à Ensisheim	18 annexes
Figure 22 : Carte pédologique mettant en évidence les variabilités dans le sol de la parcelle de l'essai d'Ensisheim	19 annexes
Figure 23 : Carte pédologique du site de l'essai de Bergheim mettant en évidence la variabilité du sol.	20 annexes
Figure 24 : L'indicateur XP U 44-162, indice de stabilité de la matière organique ..	30 annexes
Figure 25 : L'indicateur XP U 44-163, minéralisation potentielle de l'azote et du carbone	30 annexes
Figure 26 : InfoPRO sur la valeur « engrais » des PRO paru dans le cadre de la campagne d'informations Tabou(e)story	34 annexes

Figure 27 : Facteurs influençant l'effet azoté des PRO épandus sur les sols agricoles	37 annexes
Figure 28 : Qualité des données des essais locaux sur les ETM	39 annexes
Figure 29 : Journée sur le thème du compostage organisée par la Chambre d'Agriculture	42 annexes
Figure 30 : Résultats de la qualité des mesures de pH sur les essais locaux	44 annexes
Figure 31 : Fiche extraite du guide « Matières organiques » du Languedoc-Roussillon	61 annexes
Tableau 1 : Analyse des effluents d'élevage bovin bruts ou compostés	76
Tableau 2 : Analyse de boues d'épuration de collectivités brutes ou compostées	76
Tableau 3 : Analyse d'effluents et boues issus des industries	76
Tableau 4 : Effets agronomiques et environnementaux possibles du recyclage des PRO	20
Tableau 5 : Critères de choix des acteurs à rencontrer	25
Tableau 6 : Paramètres d'étude de la qualité des données	31
Tableau 7 : Personnes rencontrées lors de l'enquête	33
Tableau 8 : Périodes d'interdiction d'épandage des fertilisants azotés	34

Annexes

Annexe 1 : Rôles et fonctions de la matière organique du sol	1
Annexe 2 : Textes de lois applicables dans la filière de recyclage agricole	2
Annexe 3 : Guide d’entretien auprès des prescripteurs agricoles (conseillers des chambres, des coopératives et prestataires privés de suivi agronomique, professeurs en lycée agricole).....	6
Annexe 4 : Guide d’entretien auprès des Organismes Indépendants des producteurs de boues ou Missions Boue.	11
Annexe 5 : Guide d’entretien auprès des services ou organismes de recherche et développement	15
Annexe 6 : Caractéristiques pédologique de la parcelle d’essai d’Ensisheim	19
Annexe 7 : Caractéristiques pédologique de la parcelle d’essai de Bergheim.....	21
Annexe 8 : Correspondance entre les sorties obtenues grâce au logiciel Statbox et les critères statistiques.	22
Annexe 9 : Association des questions avec les 15 mots-clefs et importance des mots-clefs...	24
Annexe 10 : Fiches Questions – Pistes de réponses – Propositions d’actions	29
Annexe 11 : Plan d’actions à l’attention du SMRA68	62



Conseiller dans leurs pratiques au quotidien

- Les producteurs de PRO
- Les agriculteurs



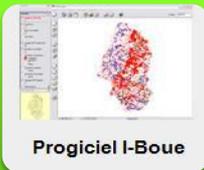
Encadrer la filière d'épandage agricole

- Par l'expertise de l'ensemble des épandages de boues et composts dans le Haut-Rhin



Favoriser la **concertation** entre les acteurs

- Animation de groupes sur différentes thématiques



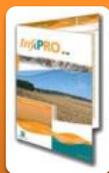
Effectuer la **synthèse départementale**

Assurer la **mémoire des données**



Acquérir des données techniques et scientifiques

- Essais de plein champ pour évaluer l'impact des épandages



Communiquer sur les PRO par la campagne d'information « Tabou(e) story »

- Auprès des acteurs
- Auprès du grand public

Figure 1 : Actions définies par le SMRA68 pour atteindre ses objectifs
(Syndicat Mixte de Recyclage Agricole du Haut-Rhin, 2013)

Retour p. 4

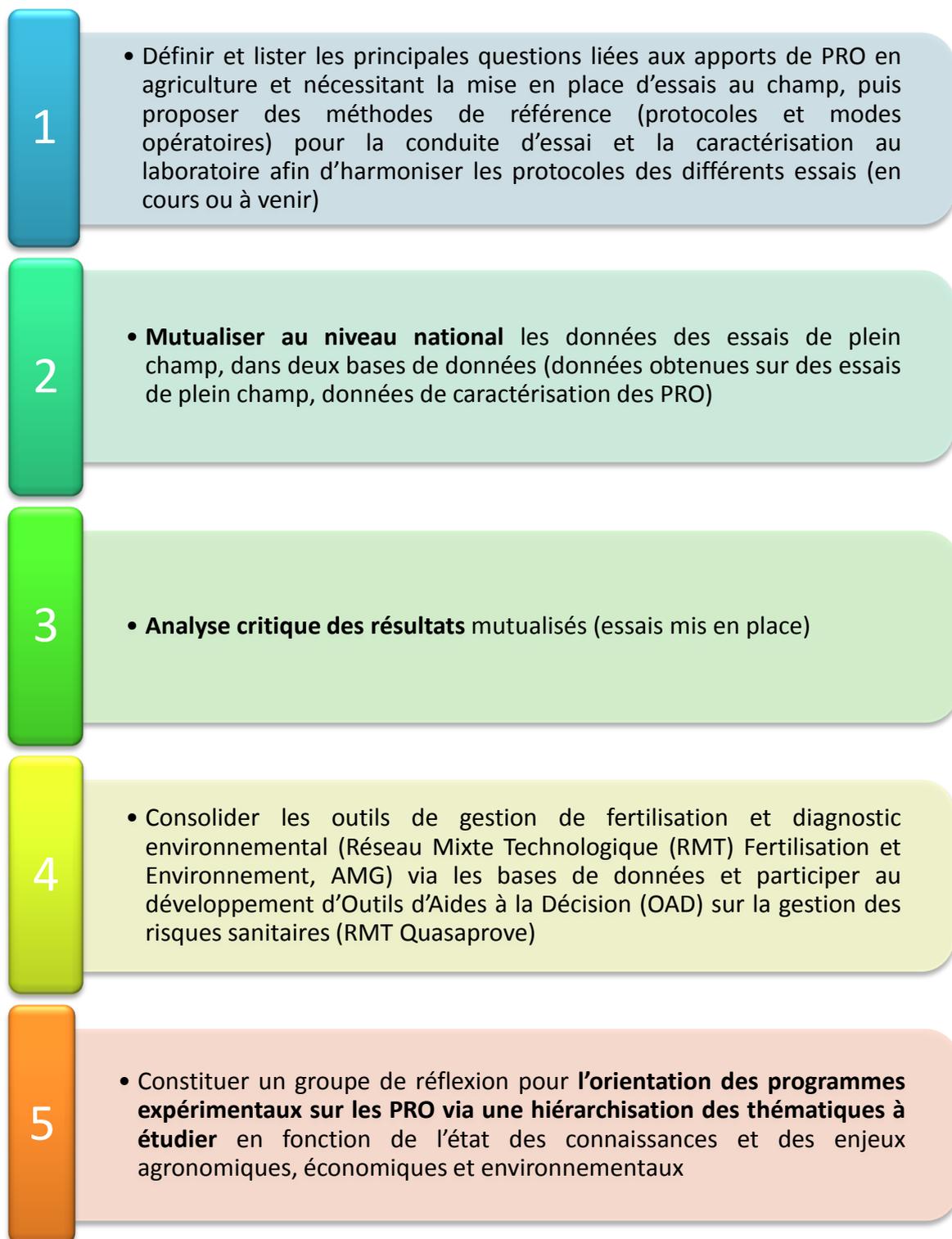


Figure 2 : Objectifs du réseau PRO

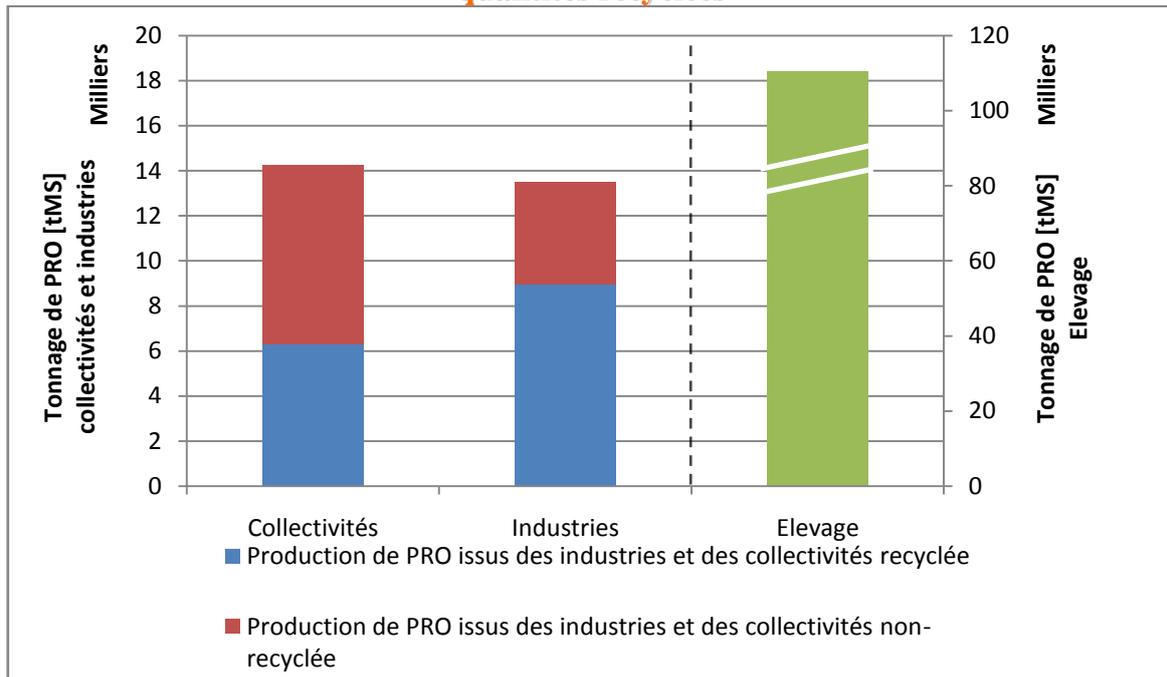
NB : AMG est l'abréviation de « Andriulo, Mary, Guérif », auteurs d'un modèle étudiant la dynamique des matières organiques du sol qui porte leurs initiales.

(ACTA, 2011)

en gras : **travaux du stage en rapport avec les missions du Réseau PRO**

Retour p. 5

Figure 3 : Estimation des productions totales de PRO dans le Haut-Rhin et des quantités recyclées



Production des collectivités et des industries (en équivalent boue) (Bapst et Valentin, 2013) :
La part recyclée comprend le recyclage direct ou via compostage et méthanisation.

Production agricoles d'effluents d'élevage en 2010 (en équivalent lisier) :

1. Estimation personnelle par calcul en 2 étapes (car donnée réelle non disponible) :
 - 1- calcul du nombre de kg d'azote (directive Nitrates kgN/an/animal, Recensement Général Agricole de 2010 cheptel haut-rhinois nombre de têtes) => 4 729 tN/an pour le cheptel haut-rhinois.
 - 2- conversion en tMS/an à l'aide des analyses des effluents du Bas-Rhin (NB : tous les effluents sont assimilés à du lisier bovin ou porc ou volaille, les ovins et caprins sont assimilés à du lisier bovin, %N et %MS) => **110 367 tMS**, 1 197 957 tMB.

2. Comparaison avec une source bibliographique (Houillon *et al.*, 2013) :

Pour l'estimation du potentiel de production en méthanisation, une estimation de la production d'effluents d'élevage a été réalisée. Elle correspond à **1 005 771 tMB**, soit **99 248 tMS** (tous les fumiers bovins, porcins et volailles assimilés à du lisier).

Le rapport de Houillon *et al.* (2013), estime que 45 % de la production est « maîtrisable » pour les bovins et 49 % pour les caprins et ovins, 100 % pour les porcs et volailles. La production « maîtrisable » correspond à la production hors pâturage. Au final le gisement à épandre est de 76 480 tMS (77 % de la production doit être épandue).

Retour p. 6 ou bien p. 9 dans « Définition du recyclage »

Tableau 1 : Analyse des effluents d'élevage bovin bruts ou compostés.

PRO issus des effluents bovins	nombre échantillons	MS	C	N	C/N	MO	N-NH ₄	N-NH ₄ /N _{total}
		%	‰	‰	-	‰	‰	%
lisier bovin	267	6,9	29,2	2,7	10,7	56,5	1,01	37,0
fumier bovin	86	23,6	97,4	5,6	17,4	190,5	0,64	11,4
compost bovin	19	39,4	92,5	7,2	12,8	175,4	0,15	2,1

Source : Analyse des effluents d'élevage du Bas-Rhin (Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin), 20/03/2013

% et ‰ : rapports massiques sur la matière brute

[Retour p. 7](#)

Tableau 2 : Analyse de boues d'épuration de collectivités brutes ou compostées.

PRO issus des collectivités	nombre d'analyses	MS	N	C/N	MO	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
		%MB	‰MS	-	‰MS	‰MS	‰MS	‰MS
Boue liquide	71	7,6	42,3	10,0	520,4	26,4	4,2	31,2
Boue séchée	29	82,9	43,7	6,1	527,7	65,9	8,0	44,4
Boue déshydratée chaulée	36	26,6	34,9	11,9	356,8	28	3,8	314,2
Boue compostée	232	57,9	26,2	9,8	495	32,8	13,9	84

Source : Extraction des analyses du logiciel I-boue du SMRA68.

Tableau 3 : Analyse d'effluents et boues issus des industries

PRO issus des industries	MS	N	C/N	MO	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
	%MB	‰MS	-	‰MS	‰MS	‰MS	‰MS
Boue cellulosique	51,7	4,6	36,9	338,2	1,7	0,6	283,5
Boue IAA 1	6,73	26,6	14,5	720,7	25,6	120,8	17,2
Boue IAA 2	15,0	67,8	5,7	766,5	44,6	13,0	89,2

Source : Bapst et Valentin, 2013.

Pour les boues cellulosiques, calcul au prorata des productions.

Les productions des IAA ne sont pas citées pour garder l'anonymat (données confidentielles).

[Retour p. 7](#)

Abréviations pour l'ensemble de la page

N : azote C : Carbone N-NH₄ : azote sous forme ammoniacale P₂O₅ : phosphate
 K₂O : potasse CaO : chaux IAA : industrie agroalimentaire



Figure 5 : Production de produits résiduels organiques des collectivités et des industries recyclés ou non en agriculture en 2012

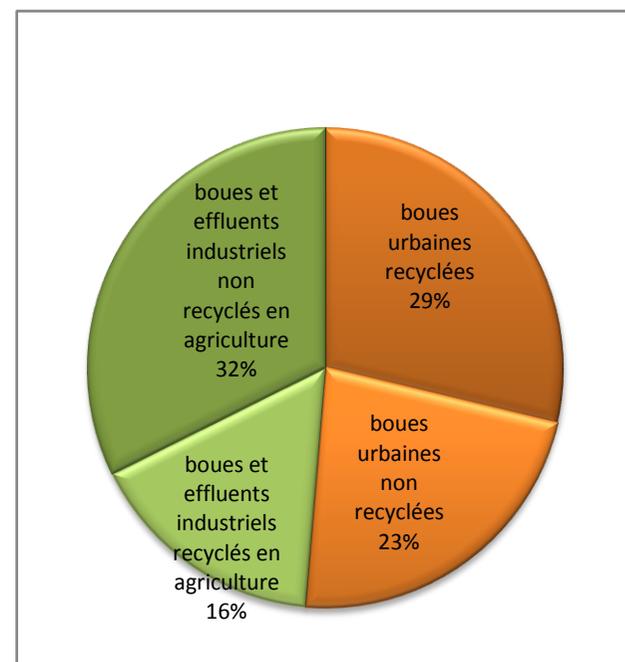
Source : Bapst et Valentin, 2013.

En % du total produit en tMS.

Retour p. 8

Figure 4 : Nomenclature des PRO

Il est facile de repérer les critères de classification : tout d'abord l'origine, puis les traitements (produits bruts, produits compostés, produits méthanisés). Ainsi le compostage et la méthanisation sont des traitements primordiaux, car ils aboutissent à la transformation complète du produit par dégradation aérobie (cas du compostage), et par fermentation anaérobie (cas de la méthanisation). *Retour p. 8*



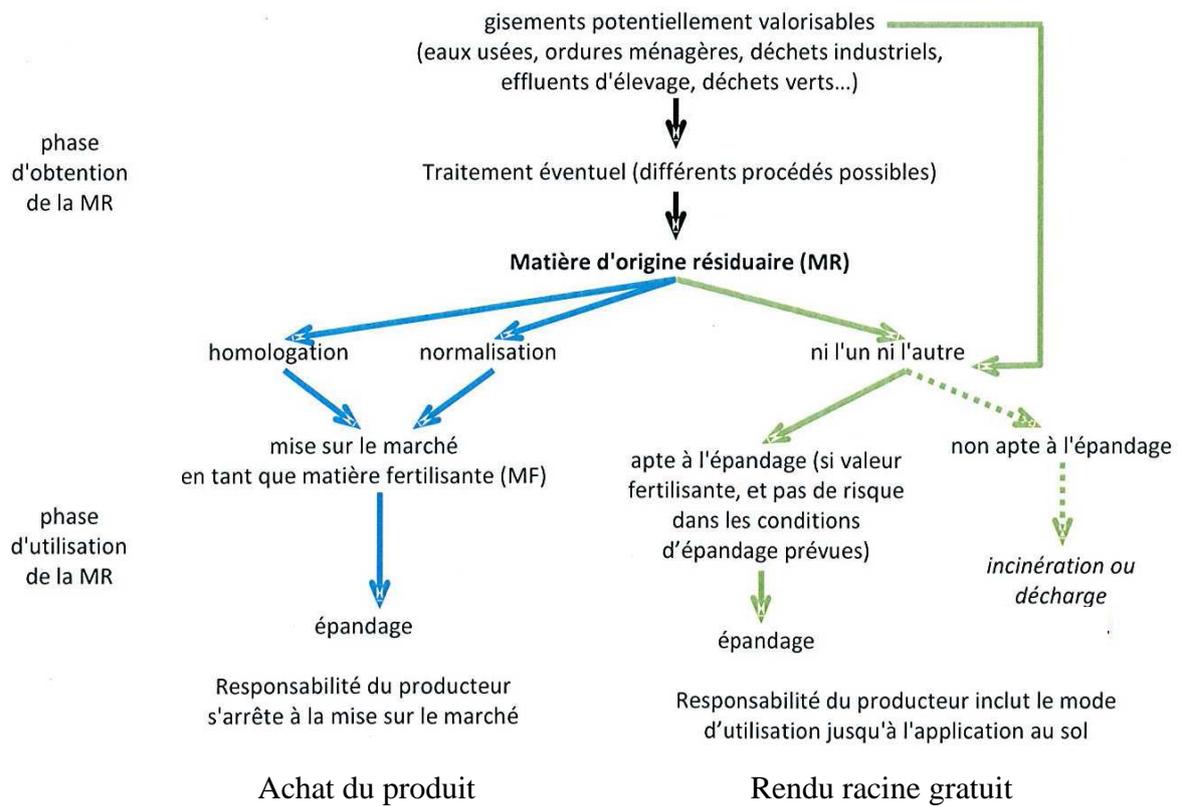
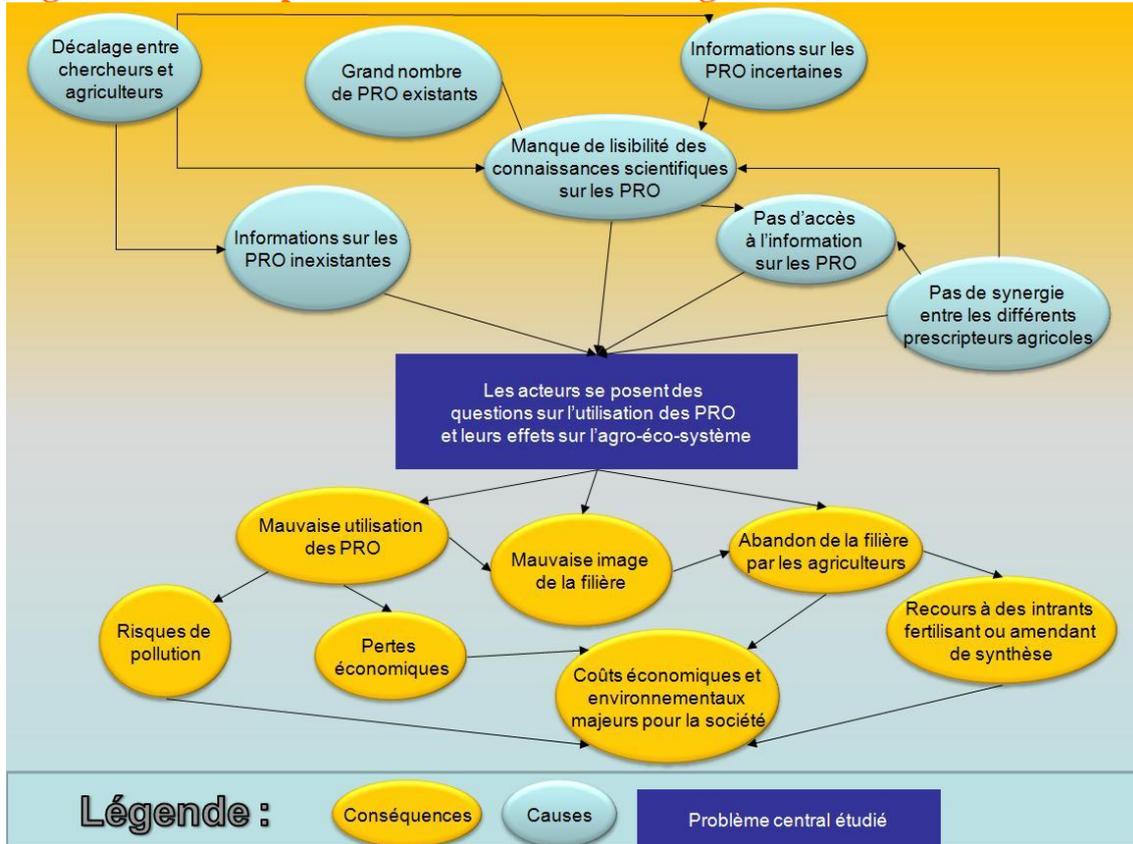


Figure 6 : PRO et statuts au sens réglementaire.

Source : Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt et Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 2013

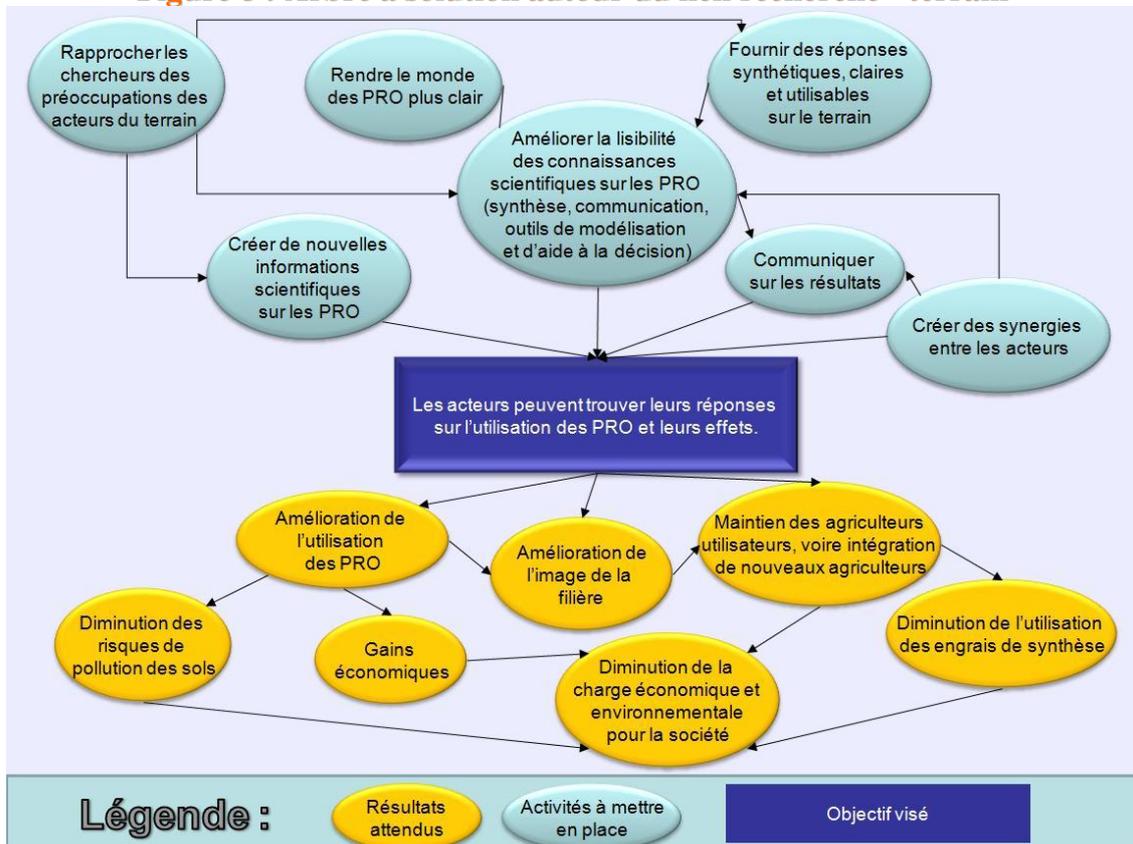
Retour p. 10

Figure 7 : Arbre à problèmes autour des interrogations des acteurs du terrain.



Retour p. 17

Figure 8 : Arbre à solution autour du lien recherche - terrain



Retour p. 17

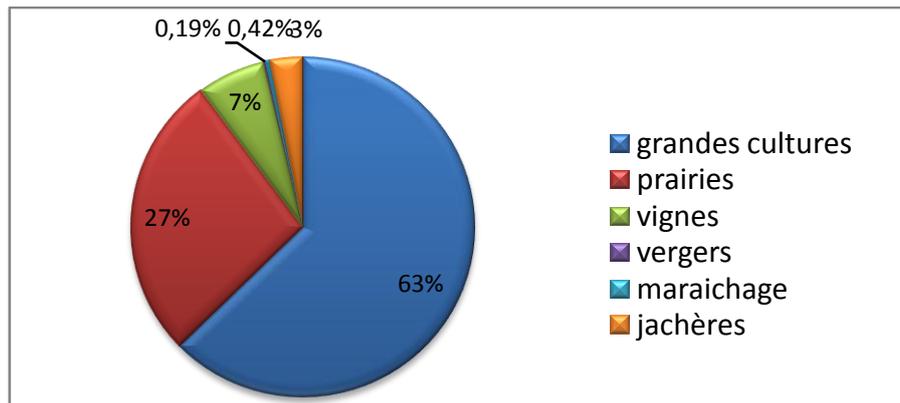


Figure 9 : SAU par production agricole dans le Haut-Rhin

Source : AGRESTE 2010

Retour p. 20

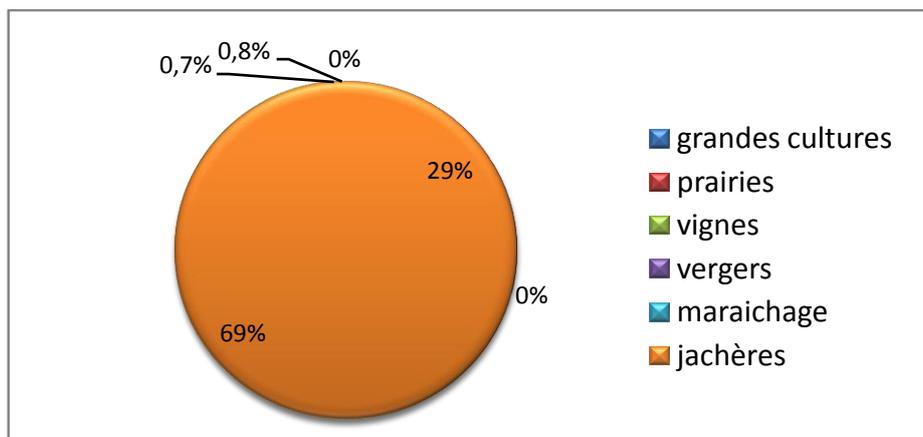


Figure 10 : Production Brute Standard par production agricole dans le Haut-Rhin

Source : AGRESTE 2010, Ministère de l'agriculture 2007.

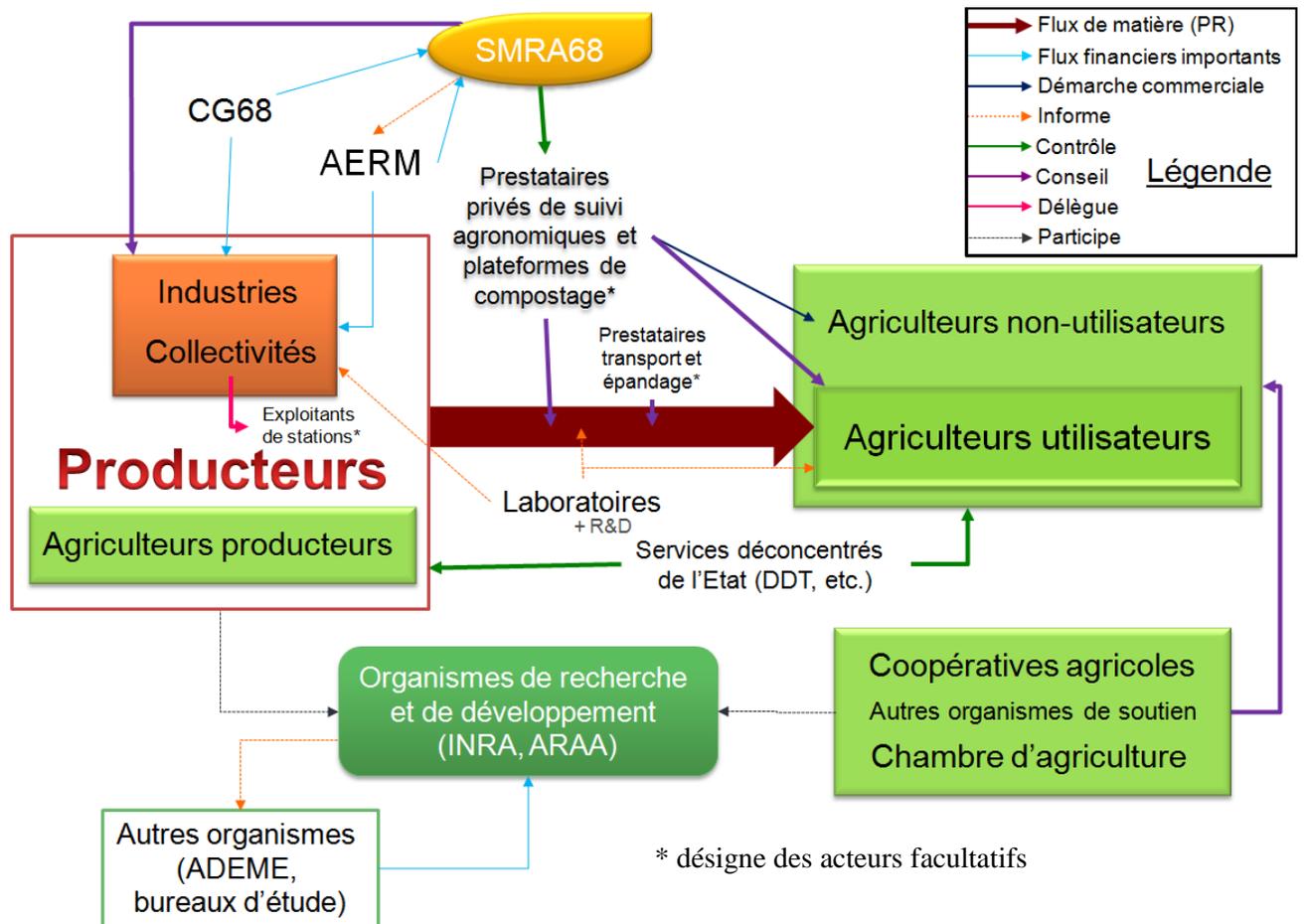
Retour p. 20

Tableau 4 : Effets agronomiques et environnementaux possibles du recyclage des PRO

Retour p. 20

Effets agronomiques
Effet fertilisant (N, P, K, Mg, Ca, S, oligo-éléments)
Effet amendant (pH et matière organique), y compris structure du sol, hydrodynamique, etc.
Effets écosystémiques
Effet sur la biodiversité
Autres effets systémiques (stockage de carbone, etc.)
Impacts environnementaux
Effet sur la dégradation et/ou l'accumulation des polluants dans le sol ou les plantes ou les eaux ou l'air
Eléments Traces Métalliques (ETM)
Composés Traces Organiques (CTO), dont les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, PolyChloroByphénols, PolyChloroTerphényles, autres composés organochlorés, Composés Organiques Volatils, dioxines, furanes, etc.
Polluants émergents et leurs métabolites (résidus médicamenteux dont perturbateurs endocriniens et les antibiotiques, pesticides, etc.)
Pathogènes (flore issue du traitement des eaux ou d'autres traitements)
Autres micropolluants (minéraux, organiques et biologiques)
Effet sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) et particules (N ₂ O, CO ₂ , NH ₃ , CH ₄ , COV, particules).

Figure 11 : Carte de la filière recyclage agricole dans le Haut-Rhin



Acronymes et rôle des acteurs

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (financement important de projets d'actions et de recherche)

AERM : Agence de l'eau Rhin-Meuse (financement pour la protection de la ressource en eau)

ARAA : Association pour la Relance Agronomique en Alsace (voir 1.1.1 ARAA, p. 3)

CG68 : Conseil général du Haut-Rhin (établissement du plan de gestion des déchets, financeur de projet, adhérent au SMRA68)

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

DDT : Direction Départementale des Territoires (contrôle d'installations, police de l'eau)

NB : pour les PRO d'origine agricole, certains acteurs ne sont pas concernés (SMRA68, CG68, prestataires de suivi agronomique, industries et collectivités)

Prestataires de suivi agronomique : Assure l'organisation et l'exploitation de la filière de recyclage des PRO non agricoles par délégation du producteur (industrie ou collectivité), gère les répertoires des parcelles (parcelles aptes à l'épandage), réalise les analyses et le suivi des PRO et sols, programme et suit les chantiers d'épandage, rédige les documents réglementaires, donne des conseils de fertilisation en rapport avec les épandages de PRO (SMRA68, 2009)

R&D : Recherche et Développement

SMRA68 : Syndicat Mixte de Recyclage Agricole du Haut-Rhin (voir 1.1.2 SMRA68, p. 4)

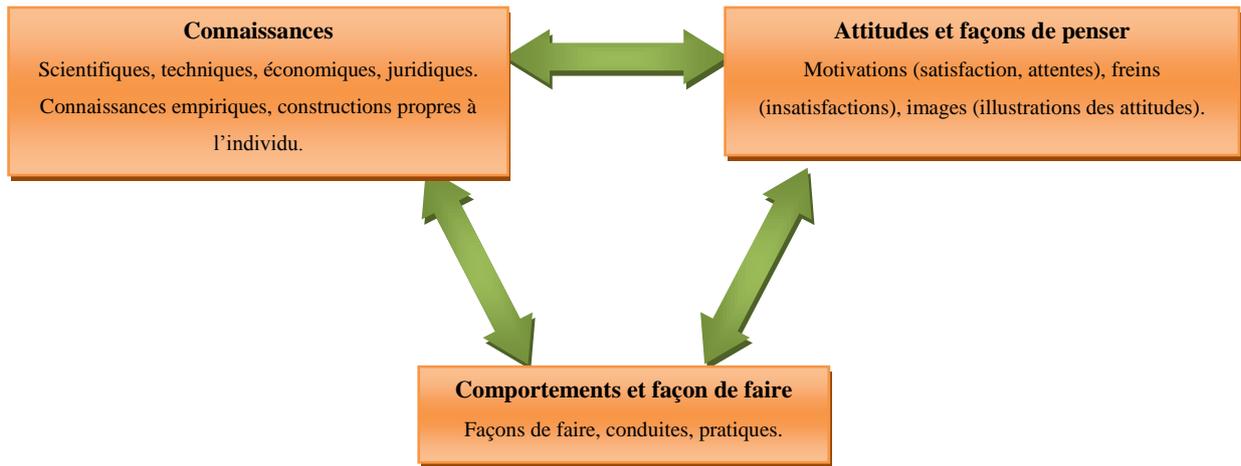


Figure 12 : Trois niveaux de représentations sociales

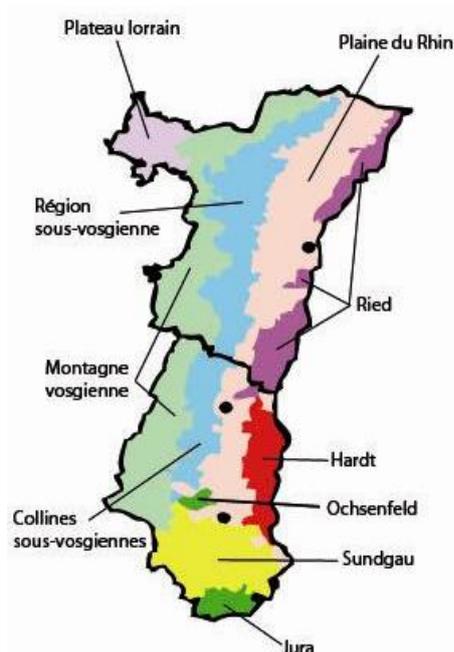
Source : Kling-Eveillard *et al.*, 2012.

Retour p. 23

Tableau 5 : Critères de choix des acteurs à rencontrer.

		Critère technique	
		Lien fort avec PRO	Lien plus faible avec PRO
Critère descriptif	Conseil aux agriculteurs	Organismes ou entreprises prodiguant des conseils sur l'utilisation des PRO agricoles et / ou non-agricoles aux agriculteurs. <i>Ex : conseiller agricoles en Chambre spécialisé sur la gestion des effluents d'élevage</i>	Organismes ou entreprises prodiguant des conseils sur les pratiques agronomiques et la fertilisation des cultures auprès des agriculteurs. <i>Ex : conseiller technique d'une coopérative agricole vendant des engrais minéraux de synthèse.</i>
	Expertise et recherche	Organismes ou entreprises en lien plus faible avec les agriculteurs (pas de conseil individuel) et ayant des compétences et des connaissances sur les PRO et leurs effets. <i>Ex : ARAA</i>	Organismes ou entreprises potentiellement intéressés par la gestion des PRO sur le territoire, n'ayant pas de lien direct avec les agriculteurs et dont les PRO ne sont pas leur cœur de métier. <i>Ex : Agence de l'eau</i>

Retour p. 25



Plaine du Rhin

Ried

Hardt

Ochsenfeld

Sundgau

Jura

Collines ou région sous-vosgienne(s)

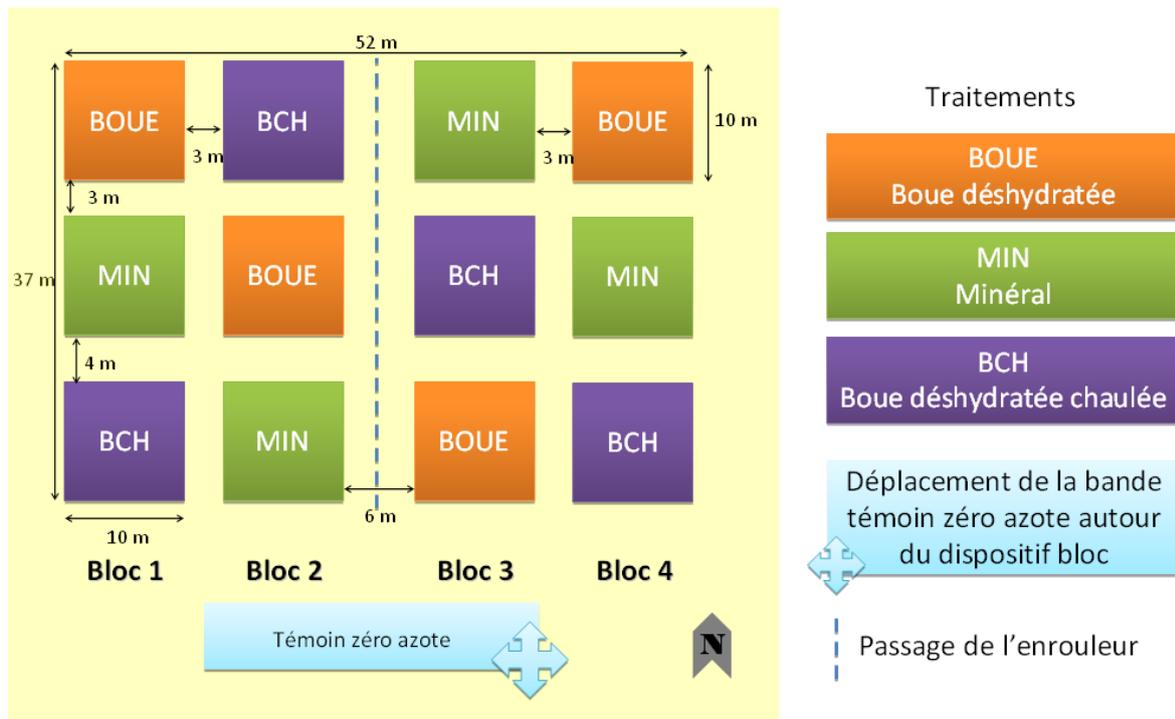
Plateau lorrain

Montagne vosgienne

Figure 13 : Petites régions agricoles d'Alsace

Source : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt Alsace, 2009.

Retour p. 25



Retour p. 29



Retour p. 30

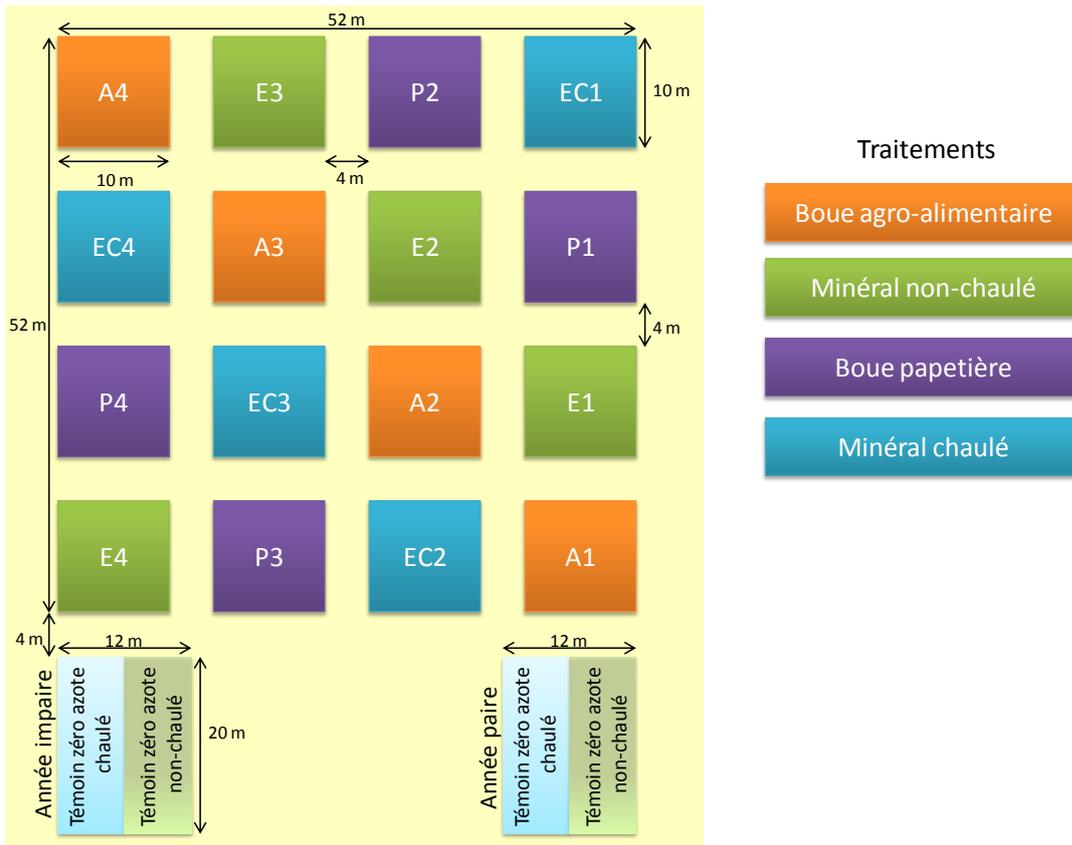


Figure 16 : Plan de l'essai de Bergheim

Retour p. 30

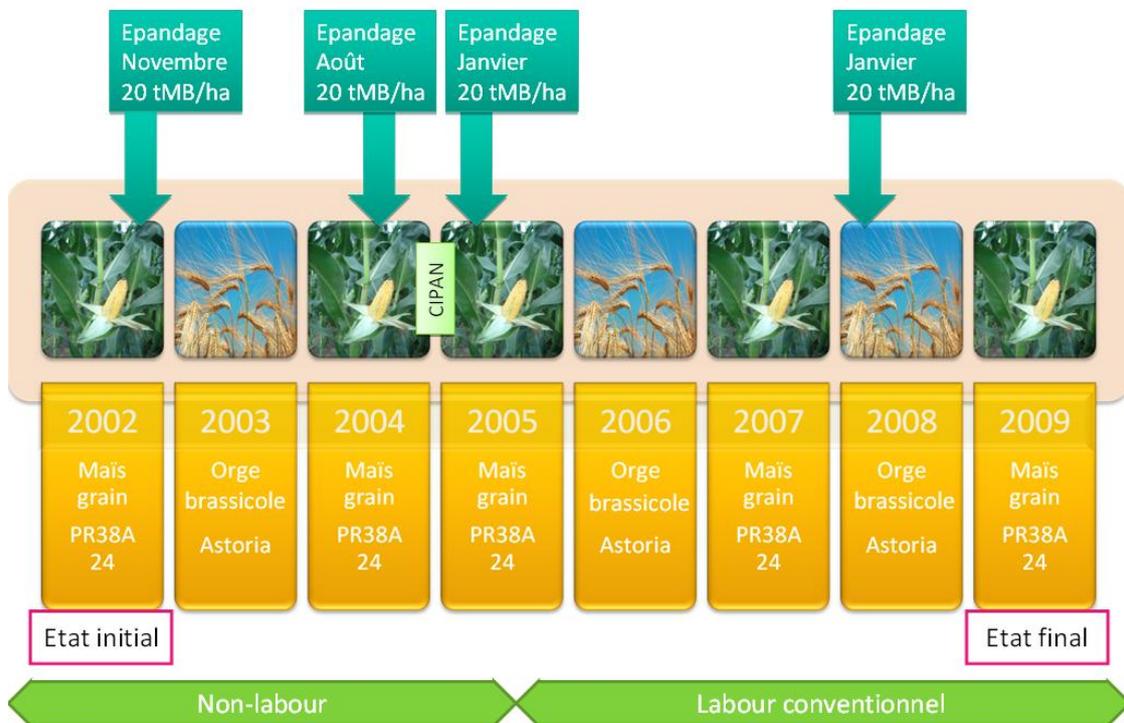


Figure 17 : Chronologie de l'essai de Bergheim

Retour p. 31

Tableau 6 : Paramètres d'étude de la qualité des données

Critère	Paramètre et calcul
Validité des données	Test de Grubbs (basée sur la normalité des résidus)
	Ce test détecte les valeurs aberrantes à partir de la dispersion de la moyenne.
	Le respect de la loi normale (condition d'application de l'ANOVA)
	Les valeurs d'une variable donnée doivent suivre une loi normale.
	Coefficients β_1 (symétrie) β_2 (aplatissement) de Pearson
	Les coefficients sont associés à une probabilité grâce à des tables.
	Test d'interaction traitement / bloc (basé sur un test de Tukey)
	Ce test permet de détecter si les traitements ont des effets différents suivant les blocs pour une variable donnée (= indépendance des résidus)
	Les données ne doivent pas présenter d'interactions traitement / bloc.
	L'interaction traitement / bloc entraîne des risques de biais d'interprétation.
NB : ce test n'est possible que pour l'essai d'Ensisheim (Bergheim est un essai en carré latin, qui permet de contrôler la variabilité en ligne et colonne).	
Qualité des données	Le coefficient de variation (CV) des résidus
	Le CV est calculé à partir de la décomposition de la variance. Il s'agit du rapport de la variance résiduelle et moyenne générale (en %).
	Le coefficient de variation des résidus représente la variabilité qui n'est pas expliquée par l'effet traitement et l'effet bloc. Cette variabilité peut être due à divers effets (ex : erreurs lors de l'expérimentation : échantillonnage) et représente l'hétérogénéité de la variable. Elle correspond à la variabilité « naturelle ».
	Un coefficient de variation élevé est signe d'une variable très dispersée, donc difficile à étudier (différence entre traitement plus difficile à détecter).
	La puissance du test d'ANOVA
	La puissance dépend de la dispersion de la variable étudiée, du risque de première espèce α , de l'écart visé entre traitement et du nombre de répétitions. Elle égale à $1-\beta$ (avec β , le risque de deuxième espèce). Il s'agit donc d'une probabilité.
	La puissance correspond à la capacité de discrimination des traitements ou probabilité de rejeter l'hypothèse nulle (H_0), absence d'effet significatif des traitements (les différences observées entre traitement sont attribuables à des variations aléatoires).
	Une puissance élevée marque une haute probabilité pour que l'ANOVA puisse voir une différence entre les traitements dans l'essai.
La puissance peut être calculée <i>a priori</i> (écarts standards) et <i>a posteriori</i> (écarts observés).	

Voir aussi l'Annexe 8 (p. 22 des annexes) pour la correspondance avec les sorties Statbox.

Retour p. 31

Tableau 7 : Personnes rencontrées lors de l'enquête.

		Critère technique sur la connaissance des PRO	
		Bonnes connaissances des PRO et leurs effets	Expériences et connaissances sur l'utilisation des PRO et les effets plus faibles
Type de relation avec les agriculteurs (critère de proximité)	Conseil agricole (dont conseil individuel)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 conseiller grandes cultures de Chambre d'Agriculture (conseil auprès des éleveurs) ▪ 1 conseiller en agriculture biologique de Chambre d'Agriculture ▪ 4 prestataires de suivi agronomique des épandages de PRO pour le compte des collectivités ou des industries ▪ 1 agriculteur prestataire d'épandage de PRO non-agricoles ▪ 1 directeur d'exploitation de lycée agricole * 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 conseiller grandes cultures de Chambre d'Agriculture (conseil auprès des céréaliers) ▪ 3 conseillers ou responsables dans des coopératives agricoles ou entreprises de négoce agricoles
	Contrôle, expertise et conseil	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 responsable des dossiers « Installations Classées Pour l'Environnement » en Chambre ▪ 4 conseillers des Missions Boues (Chambre) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 responsables dans un établissement public de gestion de l'eau * ▪ 1 responsable d'un organisme professionnel agricole spécialisé (agriculture biologique) ▪ 1 professeur en lycée agricole
	Recherche, développement et transfert	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 organismes ou services de Recherche et Développement (R&D) sur les PRO 	

Tableau 8 : Périodes d'interdiction d'épandage des fertilisants azotés

OCCUPATION DU SOL pendant ou suivant l'épandage (culture principale)	TYPES DE FERTILISANTS			
	Type I		Type II	Type III
	Fumiers compacts pailleux et composts d'effluents d'élevage (1)	Autres effluents de type I		
Sols non cultivés	Toute l'année		Toute l'année	Toute l'année
Cultures implantées à l'automne ou en fin d'été (autres que colza)	Du 15 novembre au 15 janvier		Du 1 ^{er} octobre au 31 janvier (2)	Du 1 ^{er} septembre au 31 janvier (2)
Colza implanté à l'automne	Du 15 novembre au 15 janvier		Du 15 octobre au 31 janvier (2)	Du 1 ^{er} septembre au 31 janvier (2)
Cultures implantées au printemps non précédées par une CIPAN ou une culture dérobée	Du 1 ^{er} juillet au 31 août et du 15 novembre au 15 janvier	Du 1 ^{er} juillet au 15 janvier	Du 1 ^{er} juillet (3) au 31 janvier	Du 1 ^{er} juillet (4) au 15 février
Cultures implantées au printemps précédées par une CIPAN ou une culture dérobée	De 20 jours avant la destruction de la CIPAN ou la récolte de la dérobée et jusqu'au 15 janvier	Du 1 ^{er} juillet à 15 jours avant l'implantation de la CIPAN ou de la dérobée et de 20 jours avant la destruction de la CIPAN ou la récolte de la dérobée et jusqu'au 15 janvier	Du 1 ^{er} juillet (3) à 15 jours avant l'implantation de la CIPAN ou de la dérobée et de 20 jours avant la destruction de la CIPAN ou la récolte de la dérobée et jusqu'au 31 janvier	Du 1 ^{er} juillet (4)(5) au 15 février
	Le total des apports avant et sur la CIPAN ou la dérobée est limité à 70 kg d'azote efficace/ha (6)			

Source : Extrait de l'annexe 1 de l'arrêté du 19 décembre 2011.

Retour p. 34

En évidence : cas habituel dans le Haut-Rhin (Sundgau pour les effluents d'élevage) :

- Occupation du sol avant ou pendant l'épandage :
 - Culture majoritaire : Maïs grain sans CIPAN → Cultures implantées au printemps non précédées par une CIPAN ou une culture dérobée
- Types de fertilisants (utilisateurs de PRO)
 - Composts de boues (céréalières dans la plaine) → Type I / Autres effluents de type I (C/N élevé)
 - Lisier (éleveurs du Sundgau) → Type II (C/N faible)

Figure 18 : Hiérarchisation des mots-clefs

- 88 ■■■ Fertilité chimique - Effet engrais
- 56 ■■■ Effet amendement organique, quantité et qualité de la matière organique
- 39 ■■■ Variabilité dans les effets et la composition
- 30 ■■■ Rendement
- 27 ■■■ Nouveau PRO
- 26 ■■■ Polluants émergents
- 24 ■■■ Valeur économique ou élément de raisonnement économique
- 23 ■■■ Pertes en nitrates
- 16 ■■■ ETM
- 15 ■■■ Traitements biologiques et physiques
- 14 ■■■ Composition
- 10 ■■■ Autre polluant / pollution ou effet négatif
- 9 ■■■ GES
- 9 ■■■ Autre effet agronomique ou effet positif sur l'environnement
- 6 ■■■ Biodiversité

Retour p. 34

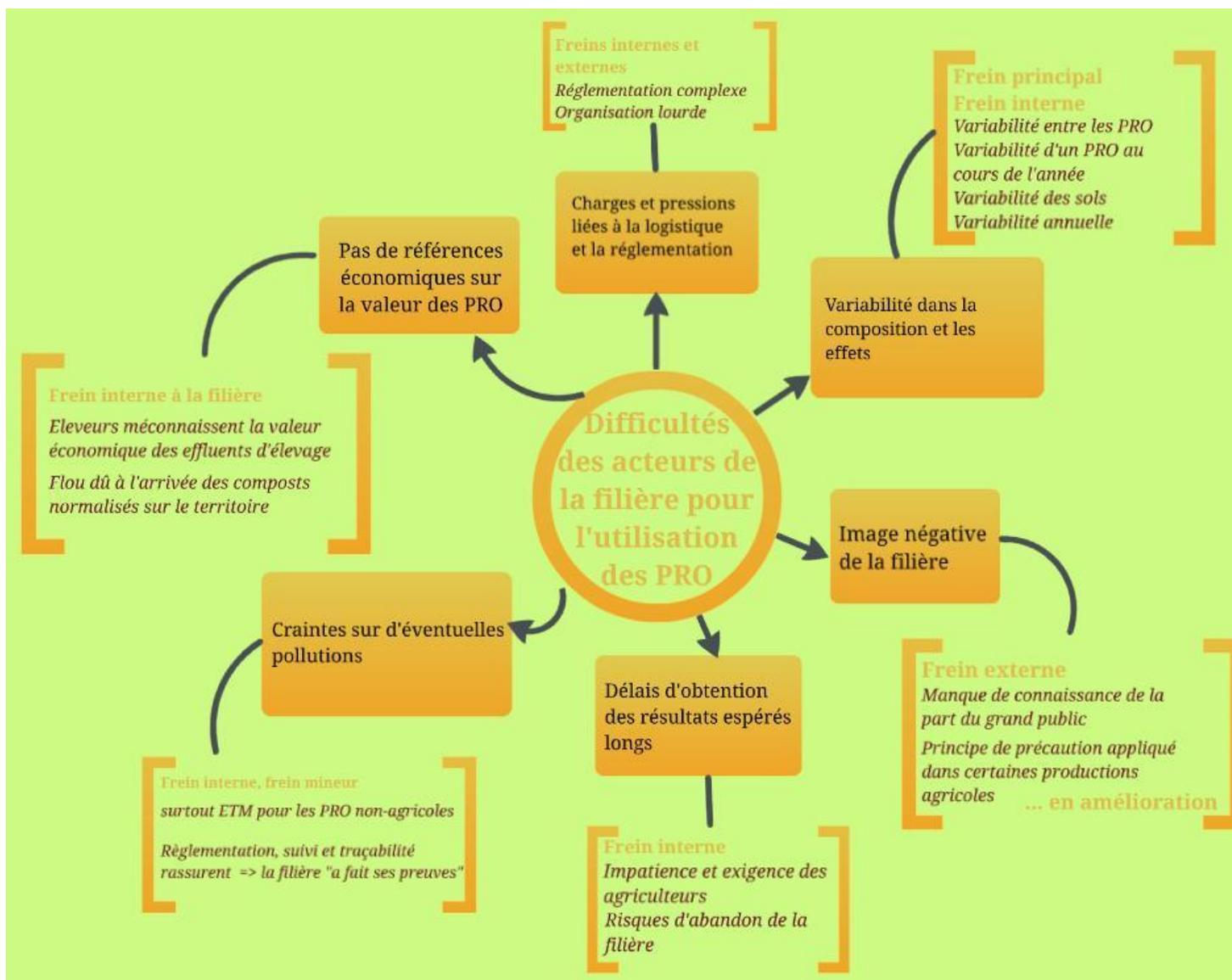
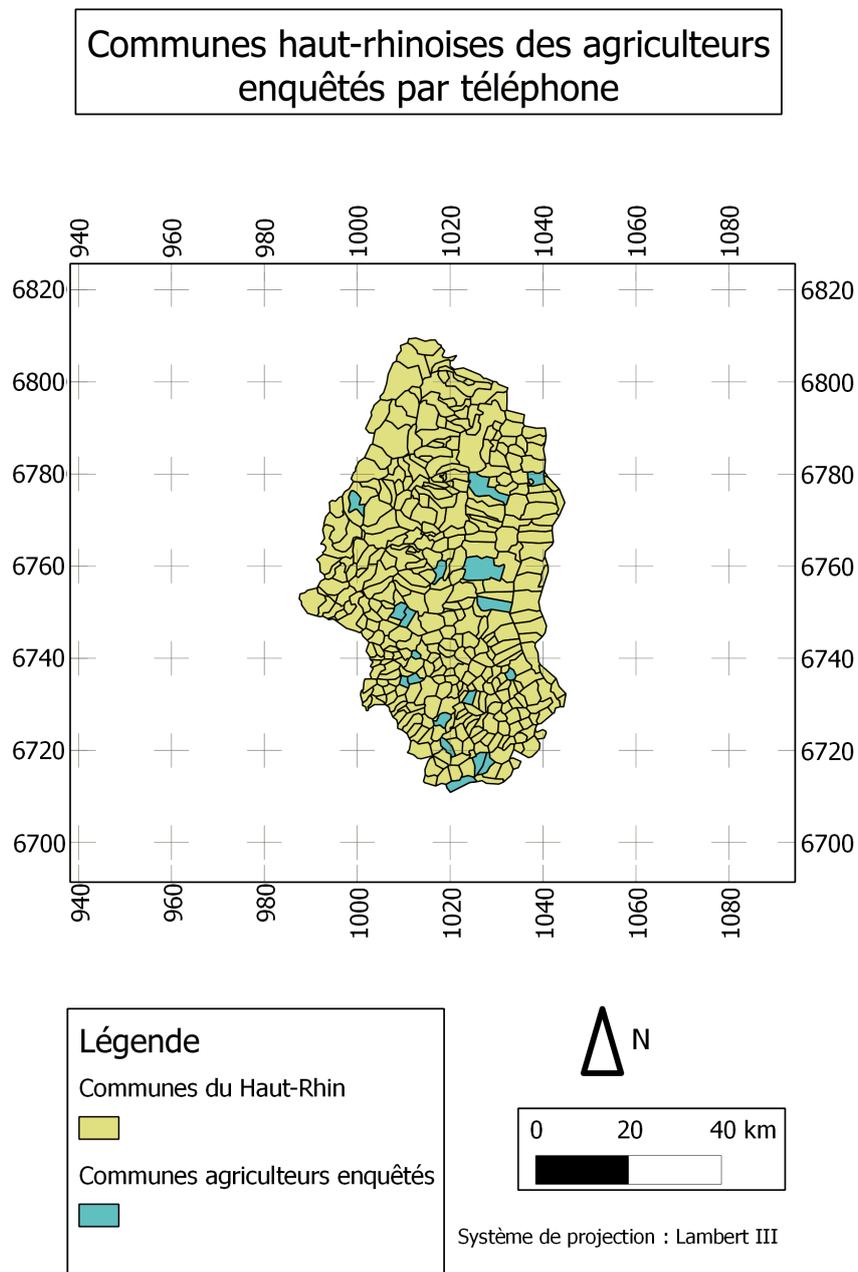


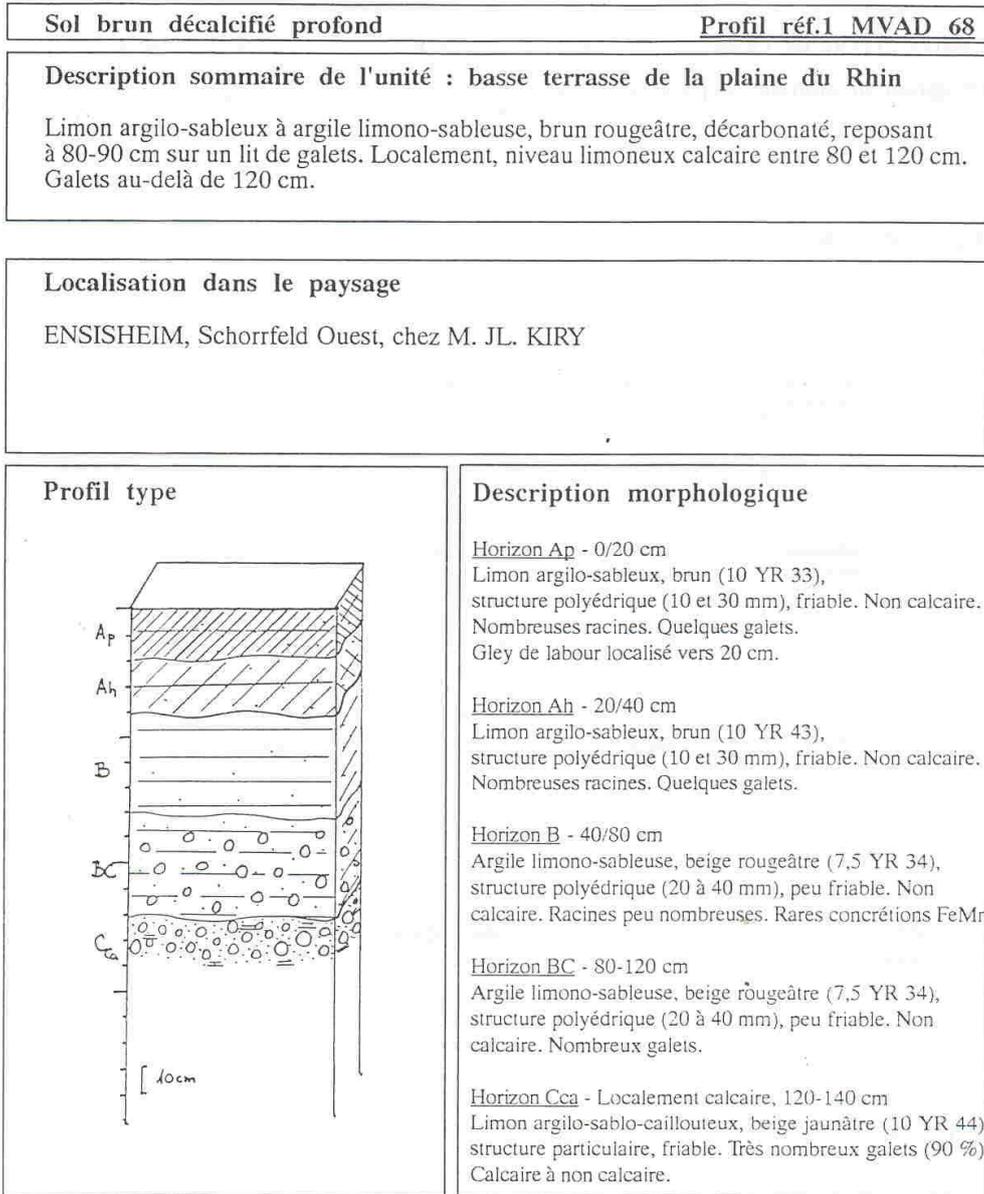
Figure 19 : Freins liés à l'utilisation des PRO en agriculture.

Figure 20 : Carte de situation des agriculteurs enquêtés par téléphone



Sources : IGN

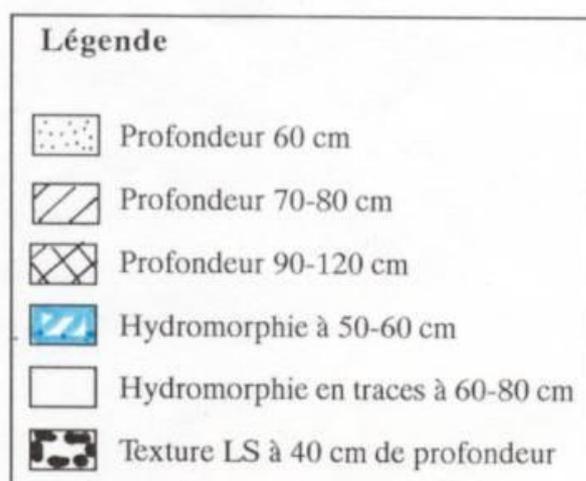
Figure 21 : Profil pédologique associé à la parcelle de l'essai situé à Ensisheim



Caractères analytiques (Analyse SADEF Aspach du 07/12/1995 - P2O5 Olsen)

	Ref.	A %	Lf %	Lg %	Sf %	Sg %	pHeau	pHKCl	CaCO3 %	MO %	C/N	P2O5 ppm	meq/100 g					S/T
													Ca	Mg	K	Na	CEC	
Ap	-	22,6	25,5	20,5	19,8	9,7	6,0	4,8	0	1,8	8,8	106	8,7	1,15	0,84	0,16	12,8	85 %
Ah	-	25,3	24,5	21,0	18,3	9,5	6,2	4,8	0	1,4	8,2	64	10,2	1,56	0,62	0,18	12,3	Sat.
B	-	33,0	20,7	16,8	18,5	9,9	6,8	5,3	0	1,0	7,3	23	14,6	2,90	0,41	0,21	14,9	Sat.
BC	-	36,6	15,0	12,3	20,1	14,8	7,2	5,9	0	1,2	7,0	24	18,0	2,96	0,45	0,23	16,8	Sat.
CCa	-	24,9	13,0	16,9	23,0	21,3	8,3	7,3	0	0,7	7,5	16	44,0	1,82	0,25	0,14	10,5	Sat.

Figure 22 : Carte pédologique mettant en évidence les variabilités dans le sol de la parcelle de l'essai d'Ensisheim



Retour p. 20

Figure 23 : Carte pédologique du site de l'essai de Bergheim mettant en évidence la variabilité du sol.

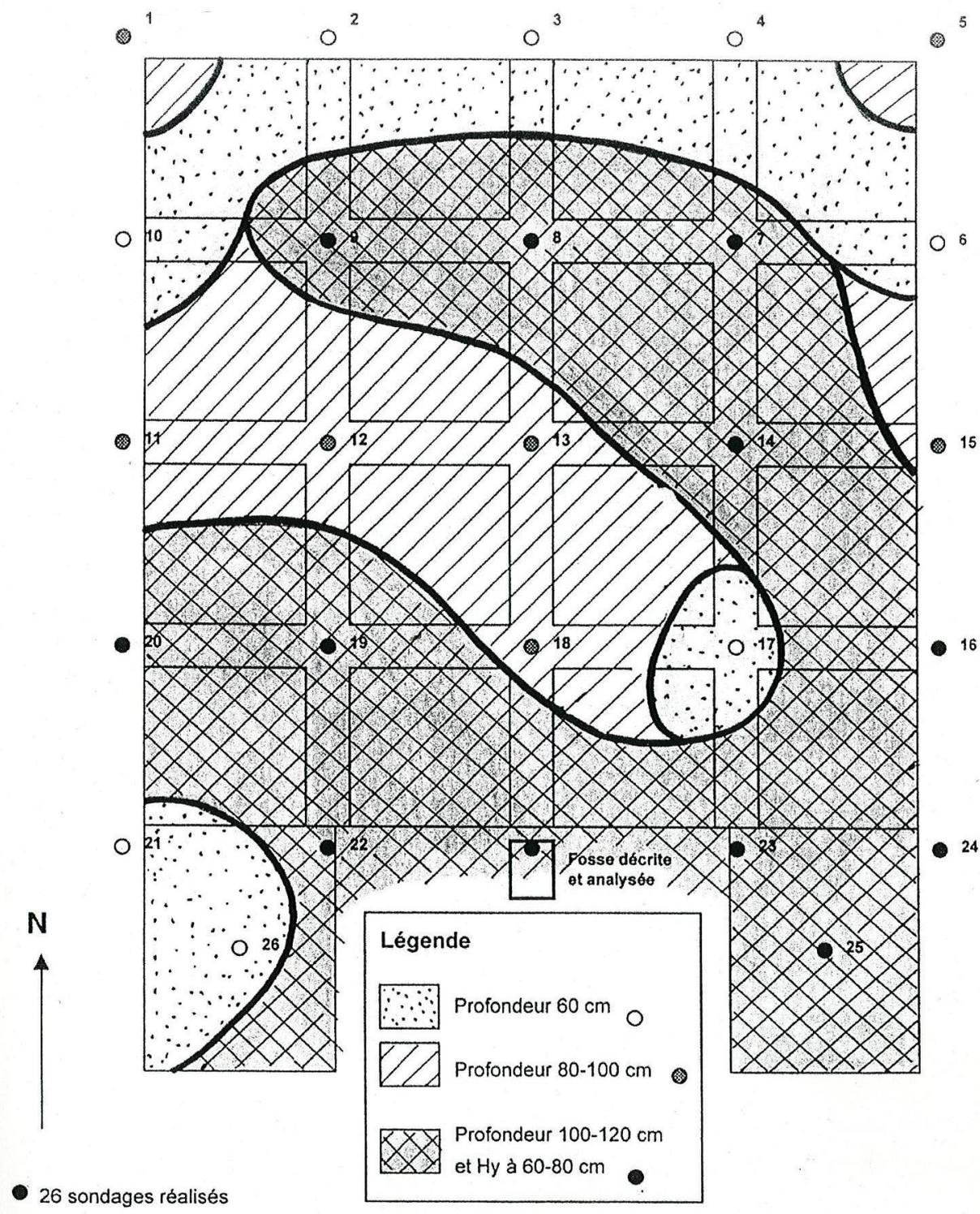


Figure 24 : L'indicateur XP U 44-162, indice de stabilité de la matière organique

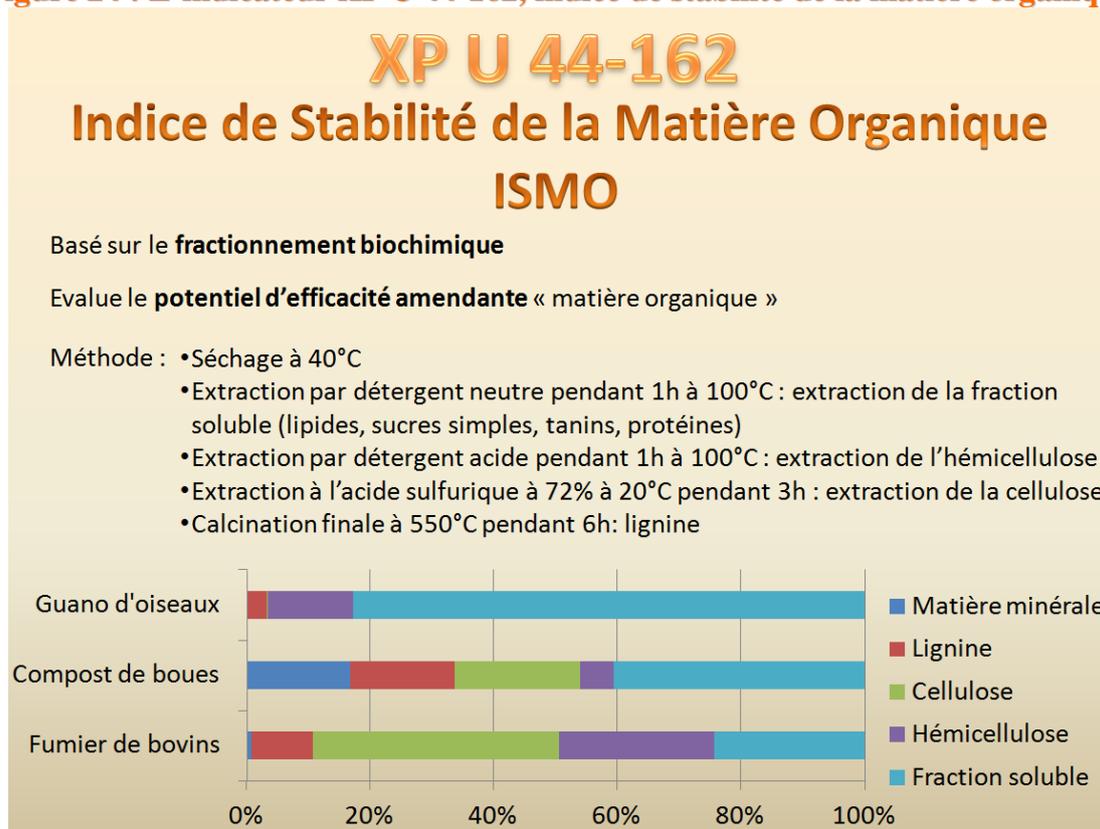
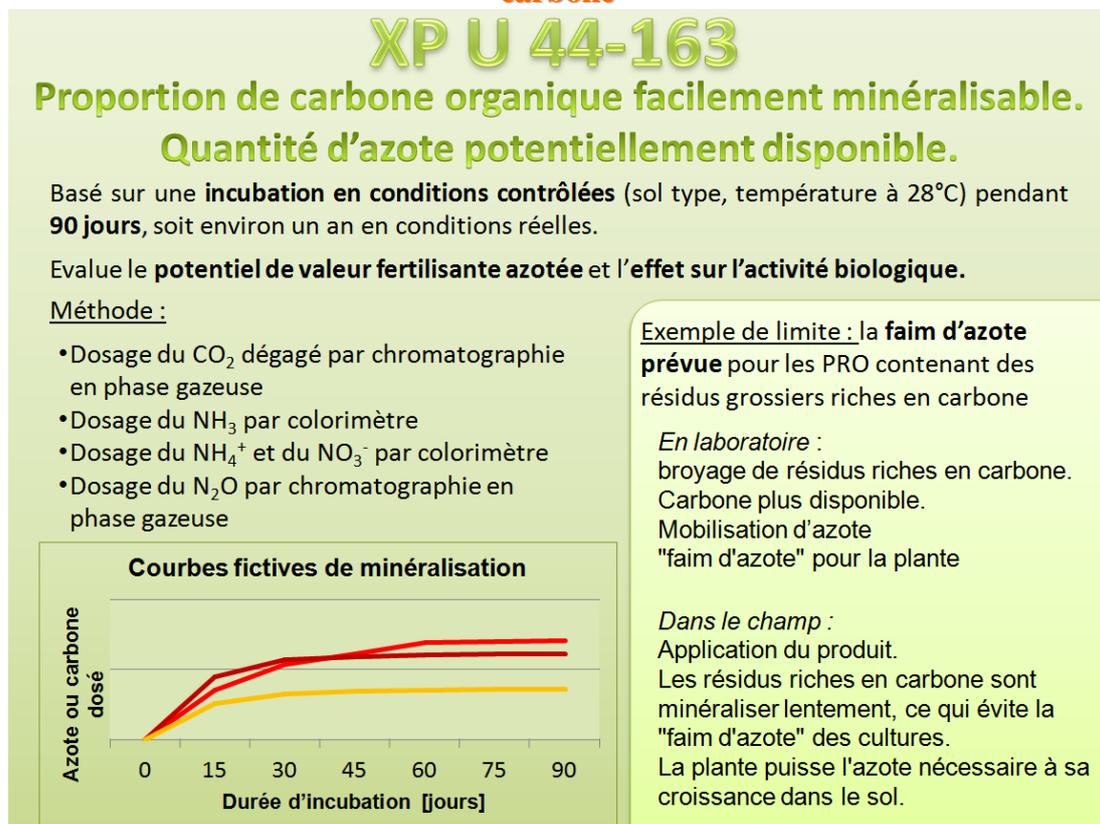


Figure 25 : L'indicateur XP U 44-163, minéralisation potentielle de l'azote et du carbone



Sources pour les figures 24 et 25 : Thuriès et Houot, 2008, Valentin, communication personnelle, 2013

Figure 26 : InfoPRO sur la valeur « engrais » des PRO paru dans le cadre de la campagne d'informations Tabou(e)story



Info Agriculteur 6

Les boues : source d'azote pour vos cultures

Mise à jour 2007

Tenez compte de l'azote des boues dans votre plan de fumure.
 Vous ferez des économies en épandant moins d'engrais et vous remplirez aisément certaines conditions pour le versement de vos aides PAC. C'est aussi un geste utile pour limiter les fuites d'azote et protéger la nappe phréatique.

LES BOUES CONTIENNENT DE L'AZOTE DISPONIBLE POUR LES CULTURES

L'azote apporté par les boues est à 90 % sous forme organique. Dans le sol, il va intégrer le cycle naturel de l'azote. Les micro-organismes du sol minéralisent progressivement l'azote organique en le transformant en nitrates. L'apport de boues va ainsi conduire à la fourniture de nitrates assimilables par les cultures, en quantité plus ou moins importante selon le type de boues. Cela dépend principalement de la teneur en azote de leur matière organique et de sa stabilité.



Pour vous fournir des données fiables, les techniciens caractérisent la valeur azotée des boues depuis plus de 10 ans, par des essais au champ. Dans le département, ces études ont été menées sur les boues biologiques, les composts de boues et les boues cellulosiques de papeterie.

L'essai de Colmar, mis en place par l'INRA et la Mission recyclage agricole du Haut-Rhin, a montré que le **compost de boues** du SITEUCE (Syndicat Intercommunal de Traitement des Eaux Usées de Colmar et Environs), apporté à 15 t/ha, tous les 2 ans, fournissait 25 à 35 kg N/ha au maïs qui suit l'épandage et 10 à 15 kg N/ha au blé l'année d'après.

AZOTE DES BOUES, DIRECTIVE « NITRATES » ET CONDITIONNALITÉ DES AIDES PAC

Tous les agriculteurs qui exploitent en zone vulnérable et qui utilisent des matières organiques, comme les boues et les composts de boues, doivent respecter 4 règles :

- établir un plan de fumure prévisionnel, comptabilisant les boues, et tenir un cahier d'enregistrement des épandages ;
- ne pas dépasser 170 kg d'azote total annuel d'origine organique, y compris l'azote des boues, par hectare de surface potentiellement épandable de l'exploitation (3ème programme d'actions) ;
- épandre strictement en période d'épandage autorisée ;
- respecter les distances d'épandage : 35 mètres par rapport aux points et cours d'eau.

Le respect de ces 4 points conditionne une partie du versement des aides PAC.

Recyclage raisonné en agriculture des boues de traitement des eaux usées.
 Action engagée dans le Haut-Rhin par le Conseil Général, la Chambre d'Agriculture, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, l'ADEME, les Collectivités Locales et les Industriels Haut-Rhinois producteurs de boues recyclées en agriculture et leurs Prestataires de service.
 Rédaction et impression: Pascal Kuhn Colmar - Mars 2007

COMMENT PRENDRE EN COMPTE L'AZOTE DES BOUES DANS VOTRE PLAN DE FUMURE

Le tableau ci-dessous vous donne la quantité d'azote que vous pouvez déduire de vos apports d'engrais, l'année de l'épandage et l'année qui suit.

Par exemple, vous apportez 15 tonnes de **compost de boues** par hectare, vous pouvez diminuer votre apport d'engrais de 30 kg N/ha sur le maïs qui suit, et 15 kg N/ha sur le blé de l'année ultérieure. Cet épandage vous permet d'économiser environ 30 euros par hectare en 2 ans.

Quantités d'azote disponibles pour un apport de boues contenant 170 kg d'azote total par hectare :

Type de boue	Quantité d'azote disponible l'année de l'épandage	Quantité d'azote disponible l'année qui suit l'épandage
	kg N/ha	
Boue urbaine liquide de 3 à 6 % de MS	60	10
Boue chaulée de 30 à 40 % de MS	85	10
Compost de boue à 50 % de MS	30	15
Boue urbaine séchée à 80 % de MS	85	10
Effluent viti-vinicole à 6 % de MS	10	10

MS = matière sèche

Les **boues cellulosiques** de papeterie n'apportent pas d'azote disponible : au contraire, elles agissent comme un piège à nitrates. Si vous épandez ce type de boue moins de 3 mois avant le semis de votre culture, ne changez rien à la dose d'engrais mais adaptez la répartition de vos apports minéraux en majorant le 1er passage.

Quoi qu'il en soit, référez-vous aux conseils de fumure donnés par le producteur de boues ou son prestataire de services. Leurs conseils sont précis et adaptés à la boue que vous utilisez.



LE TÉMOIGNAGE DE M. STRUB, AGRICULTEUR À BURNHAUPT

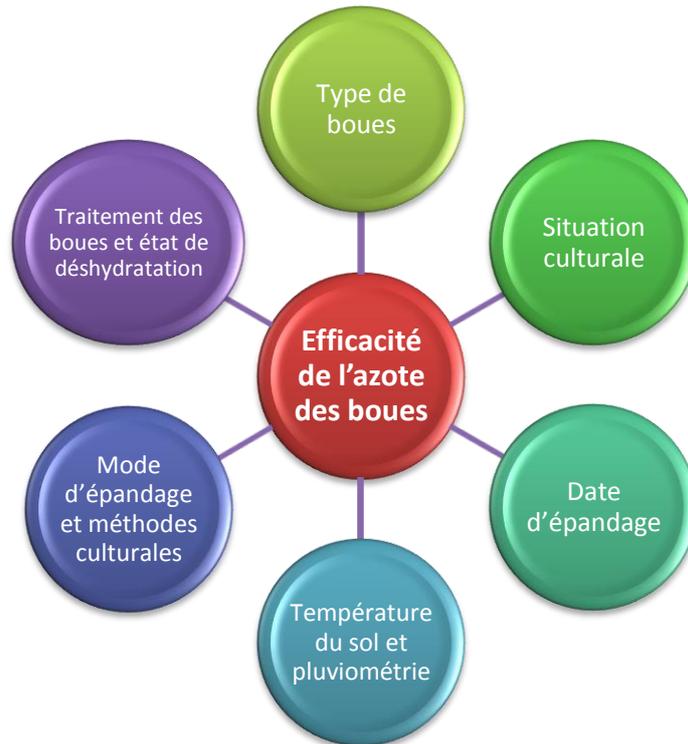
Je suis utilisateur des boues textiles de la Haute Vallée de Thur depuis une dizaine d'années. Les épandages sont réalisés principalement après céréales, à une dose d'environ 18 t/ha (soit un apport de l'ordre de 70 à 90 kg d'azote disponible/ha).

Depuis les premiers épandages, ces apports de boues m'ont permis de réaliser des économies car j'ai pu réduire mes apports d'azote d'environ un tiers, sans avoir de perte de rendement sur mes cultures.

Pour prendre en compte l'azote apporté par les boues, je me reporte aux «fiches apports» qui me sont fournies pour chaque parcelle épandue. Ainsi je connais précisément la quantité d'azote fournie par les boues. Il ne me reste plus qu'à apporter le complément avec des engrais minéraux.

Pour faire des économies : cultivez un peu de rigueur et beaucoup de sens pratique.

Figure 27 : Facteurs influençant l'effet azoté des PRO épandus sur les sols agricoles



Source : Williams, 1979, in Bourgeois *et al.*, 1996

Retour p. 38

Figure 28 : Qualité des données des essais locaux sur les ETM

Extrait des résultats de l'analyse de la qualité des données obtenues par les essais d'Ensisheim et de Bergheim.

Essai	Horizon ou partie végétale	Élément étudié	Nombre d'années où la variable a été étudiée	Nombre d'échantillons prélevés	Coefficient de variation moyen	Puissance <i>a priori</i>	Puissance <i>a posteriori</i>	Appréciation de la qualité
Bergheim	0-30 cm	As	2	32	6%	31%	14%	Essai non suffisant pour tenir des conclusions
Bergheim	0-30 cm	Co CaCl ₂	2	32	22%	40%	86%	Il est possible de donner des conclusions fiables.
Bergheim	0-30 cm	Co	2	32	7%	28%	78%	Il est possible de donner des conclusions fiables.
Bergheim	0-30 cm	Fe	1	16	3%	88%	76%	Il est possible de donner des conclusions fiables.
Bergheim	30-60 cm	Mo	1	16 dont 2 < LQ	16%	8%	97%	Il faut conclure avec prudence.
Bergheim	30-60 cm	Ni CaCl ₂	1	16	35%	6%	87%	Il est possible de donner des conclusions fiables.
Ensisheim	0-5 cm	Se	3	48 dont 16 < LQ	36%		16%	Il n'est pas possible de donner de conclusions.
Ensisheim	5-20 cm	Zn EDTA	3	48	8%		99%	Il est possible de donner des conclusions fiables.
Bergheim	Grain Orge	Mn	2	24	10%	16%	80%	Il est possible de donner des conclusions fiables.
Bergheim	Grain Orge	Cr	2	24	51%	6%	24%	Essai non suffisant pour tenir des conclusions
Bergheim	Résidus Orge	Mo	2	24	20%	8%	98%	Il est possible de donner des conclusions fiables.
Bergheim	Résidus Orge	Co	1	12	47%	5%	18%	Essai non suffisant pour tenir des conclusions

LQ signifie Limite de Quantification (limite due aux méthodes employées au laboratoire pour extraire ou doser l'élément).

Essai	Horizon ou partie végétale	Élément étudié	Nombre d'années où la variable a été étudiée	Nombre d'échantillons prélevés	Coefficient de variation moyen	Puissance <i>a priori</i>	Puissance <i>a posteriori</i>	Appréciation de la qualité
Ensisheim	Maïs Grain	As	2	24	81%	5%	10%	Essai non suffisant pour tenir des conclusions
Ensisheim	Maïs Grain	Mn	11	132	14%	31%	33%	Essai non suffisant pour tenir des conclusions
Ensisheim	Maïs Résidus	Fe	5	60	20%	8%	8%	Essai non suffisant pour tenir des conclusions
Ensisheim	Blé Résidus	Zn	1	12	9%	17%	84%	Il est possible de donner des conclusions fiables.
Ensisheim	Blé Grain	Cd	1	12	12%	12%	95%	Il est possible de donner des conclusions fiables.
Ensisheim	Blé Grain	Mo	1	12	31%	6%	89%	Essai non suffisant pour tenir des conclusions

Retour p. 40

Figure 29 : Journée sur le thème du compostage organisée par la Chambre d'Agriculture

FERTILISATION

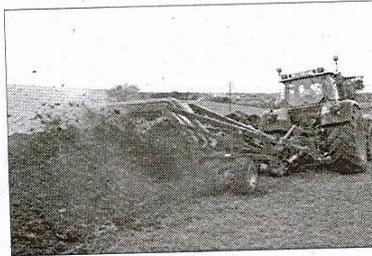
DÉJECTIONS ANIMALES

Compostage du fumier

Le fumier est une source précieuse d'éléments fertilisants. Son compostage est un des moyens, simple et adaptable, d'assurer une restitution optimale des éléments aux cultures.

La Chambre d'agriculture de région Alsace vous propose d'aborder l'ensemble de la thématique liée au compostage du fumier, mardi 3 septembre à Fislis (Earl de l'Ill, Jean-Louis Mona).

Rendez-vous à 13 h 30 sur la parcelle
A la sortie de Fislis en direction de Bouxwiller, prendre le chemin fléché sur



la gauche, continuer sur 800 m environ, puis prendre à droite.

Programme

- Le compostage : description. Impact sur la vie du sol et la ressource en eau. Conséquence sur le travail et les périodes d'épandage.
- Les techniques de compostage : points-clés de la réussite, itinéraires techniques.
- Valoriser le compost : éléments fertili-

sants, gestion de la matière organique du sol.

- Démonstration : matériel de retournement d'andains, épandage.

Intervenants : Sophie Delattre, Christophe Barbot, Vincent Heislen, Jean-François Strehler.

Avec la participation de prestataires de services.

Jean-François Strehler

tél. 03 89 20 97 58

j.strehler@alsace.chambagri.fr

PARTENARIAT



**AGENCE
DE L'EAU
RHIN-MEUSE**

Source : Strehler, 2013

Retour p. 43

Figure 30 : Résultats de la qualité des mesures de pH sur les essais locaux

Essai	Horizon	Nombre d'ANOVA réalisée	Nombre de pH mesuré	Coefficient de variation moyen	Puissance <i>a priori</i>	Puissance <i>a posteriori</i>
Bergheim	0-30 cm	4	64	3%	84%	78%
Bergheim	30-60 cm	4	64	3%	82%	73%
Ensisheim	0-5 cm	4	48	2%		96%
Ensisheim	5-20 cm	4	48	2%		99%
Ensisheim	0-20 cm	4	48	2%		68%
Ensisheim	20-40 cm	8	96	3%		76%
Ensisheim	40-60 cm	8	96	4%		18%

Les puissances sont élevées et les coefficients de variation faibles. Les résultats sur les pH sont fiables pour les deux essais.

Retour p. 45

Figure 31 : Fiche extraite du guide « Matières organiques » du Languedoc-Roussillon

Fiche N°3 du guide des produits organiques en Languedoc-Roussillon. Version actualisée le 05/11/2011

Compost d'ordures ménagères / déchets verts

Résultats issus d'1 prélèvement fait par les Chambres d'Agriculture LR. Analyses réalisées en 2010.

Profil	Réglementation en vigueur	Avis des Chambres d'Agriculture LR
<input checked="" type="checkbox"/> d'un amendement organique (AO)	<input type="checkbox"/> Norme NF U42-001 « engrais organique »	Attention, le cuivre est l'élément limitant de la dose d'apport ; bien le prendre en compte dans le calcul de cette dernière.
<input type="checkbox"/> d'un engrais organique (EO)	<input checked="" type="checkbox"/> Norme NF U44-051 « AO hors compost de MIATE »	
<input type="checkbox"/> d'un produit mixte (AO+EO)	<input type="checkbox"/> Norme NF U44-095 « compost de boues ou MIATE »	

Producteur :
SITOM du Littoral
 Usine de tri - compostage
 34 410 Sérignan
 Tél. : 04.67.39.77.05

Services connexes : Livraison possible sur demande.

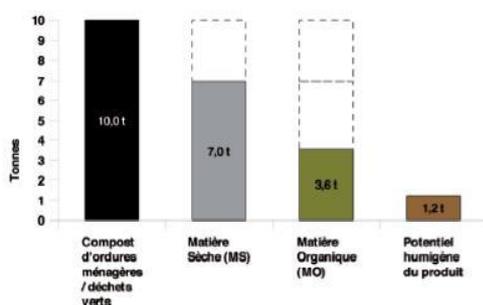
Définition - Origine - Process :
 Amendement organique de 2 à 4 mois issu du compostage de la fraction fermentescible des ordures ménagères et de déchets verts. Proportions massiques sur MB non communiquées.
 Procédé : broyage des déchets verts et extraction de la fraction fermentescible des ordures ménagères par tri manuel et mécanique. Mélange et fermentation dans un digesteur avec arrosage et aération constants pendant une période de 4 à 8 semaines.
 Granulométrie : non précisé mais criblage à la maille de 10 mm de diamètre ou de 20 sur demande.
 Conditionnement : vrac.

L'essentiel - A retenir :

- Amendement organique très stable. Potentiel humigène faible.
- Teneurs en éléments NPK moyennes.
- Faible contribution à la nutrition azotée de la plante l'année de l'apport.
- Privilégier un épandeur équipé d'une table d'épandage ou d'une guillotine avec poussoir.
- Inertes et agents pathogènes : conformes à la NF U44-051.
- Eléments traces métalliques : conformes à la NF U44-051. Teneurs élevées en plomb et zinc (78 % et 91 % du maximum autorisé par la norme), et assez élevées en cuivre et nickel.
- Micro-polluants organiques : conformes à la NF U44-051.

Caractéristiques agronomiques :

La quantité de produit à apporter pour entretenir ou redresser le taux de MO de votre sol dépend du potentiel humigène du produit et non de sa teneur en MO seule.



10 t/ha de produit brut apportent :

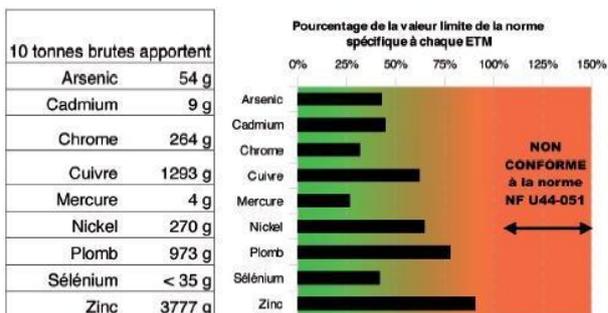
	N organique	N minéral	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
Apport total en unité ou kg/ha	87 kg/ha	9 kg/ha	50 kg/ha	58 kg/ha	65 kg/ha	744 kg/ha
Nombre d'unités potentiellement disponibles dès la 1 ^{ère} année	20 kg/ha	9 kg/ha	50 kg/ha	58 kg/ha	65 kg/ha	744 kg/ha
Nombre d'unités potentiellement disponibles les années suivantes	67 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha

Coefficients d'équivalence engrais : N_{total} : 0,23
 basés sur la bibliographie ch.8 tome 1

P₂O₅ : 1 K₂O, MgO, CaO : 1

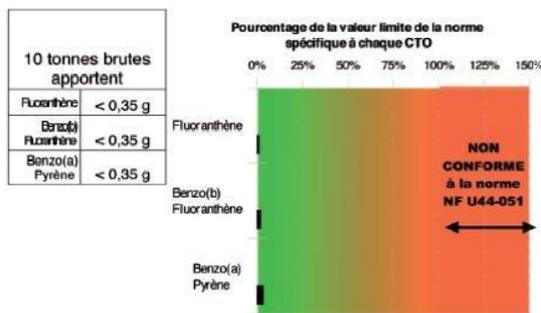
Critères d'innocuité du produit :

Éléments traces métalliques (ETM) : Analyse obligatoire



Valeurs maximales fournies par le producteur (3 analyses).

Micro-polluants organiques (CTO) : Analyse obligatoire



Valeurs fournies par le producteur (1 analyse).

Masse volumique :
 • 10 t = 18 m³
 • 1m³ = 561 kg

Notre exemple :

Le tableau ci-dessous ne donne qu'un exemple choisi à partir de situations fréquemment rencontrées. Les exemples de doses affichées ne sont en aucun cas des conseils universels. La dose indiquée est valable pour des conditions d'emploi précises. Veuillez à adapter votre dose d'apport avec les aides aux calculs du chapitre 8 du tome I.

»La dose avec objectif «redressement» est calculée pour remonter le taux de MO de seulement 0,1 % (ou 1 %) , compenser les pertes en humus et tenir compte des restitutions en humus des débris végétaux, pendant 2 à 5 ans en fonction du contexte.

»La dose avec objectif «entretien» est calculée pour un sol dont le taux de MO est à l'optimal pour la culture et le sol considérés. La dose d'apport sert à compenser les pertes en humus et tient compte des restitutions en humus des débris végétaux, pendant 2 à 5 ans en fonction du contexte.

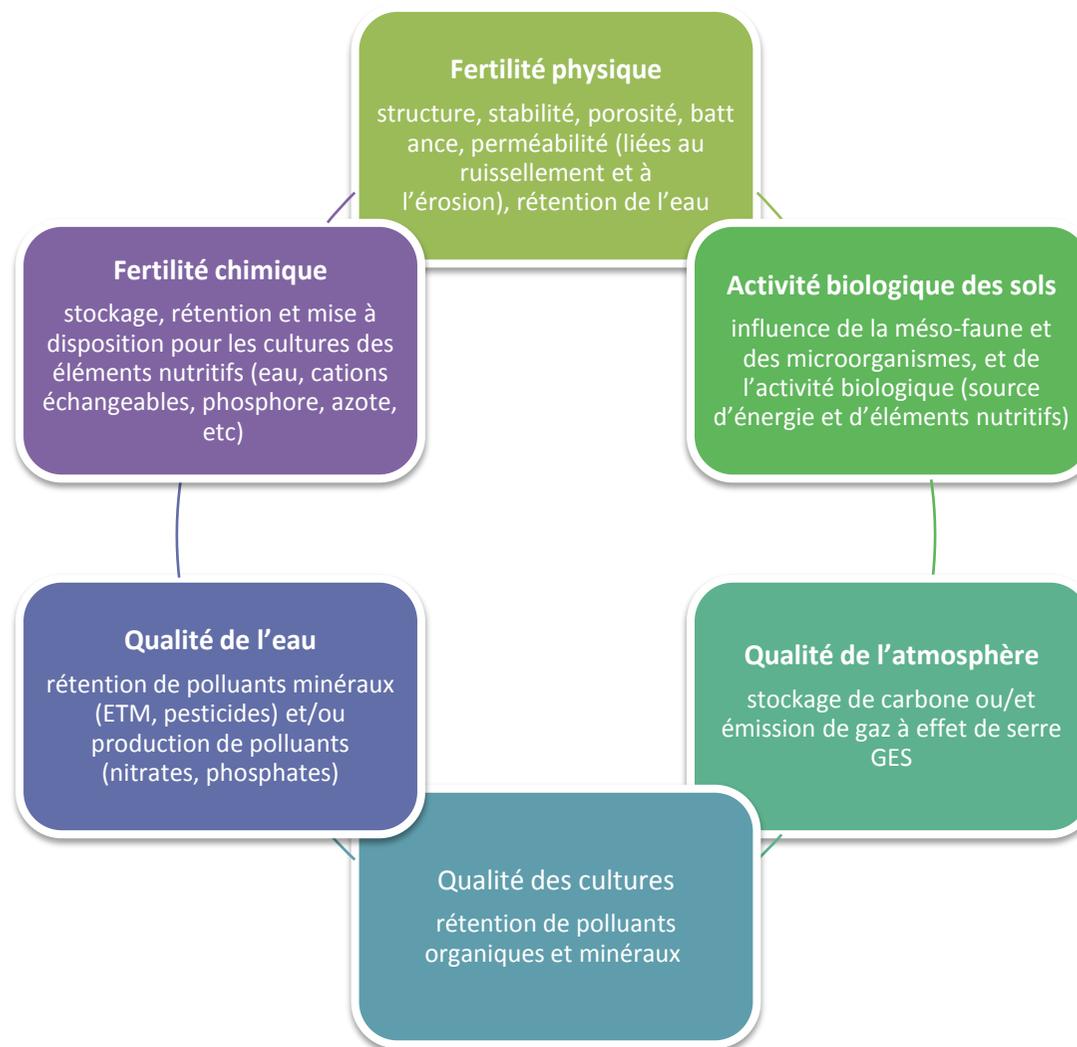
»La dose indiquée tient compte également des flux limites en ETM et CTO (annuels et sur 10 ans) à respecter réglementairement.

• Demander systématiquement les analyses complètes du produit à épandre.

Famille culturale	Espèce	Objectif	Exemple de dose d'apport	Facteur limitant la dose	Matériel d'épandage optimal, compléments Cf. chapitre 7	
					Table épandage	Pousoir et gullotine
Viticulture	Vigne	Redressement avant plantation	23 t/ha/5ans	Cuivre	Conseillé	Conseillé
		Entretien / vigne en place	11 t/ha/3ans	-	Conseillé	Conseillé
Grandes cultures	Blé dur Toumesol	Redressement	23 t/ha/3ans	Cuivre	Conseillé	Conseillé
		Entretien	13 t/ha/3ans	-	Conseillé	Conseillé
Arboriculture	Pommier	edressement avant plantation	23 t/ha/5ans	Cuivre	Conseillé	Conseillé
		Entretien/verger en place	23 t/ha/3ans	Cuivre	Conseillé	Conseillé
	Pêcher	edressement avant plantation	23 t/ha/5ans	Cuivre	Conseillé	Conseillé
		Entretien/verger en place	23 t/ha/3ans	Cuivre	Conseillé	Conseillé
Maraîchage	Melon	Redressement	15 t/ha/2ans	Cuivre	Conseillé	Conseillé
		Entretien	15 t/ha/2ans	Cuivre	Conseillé	Conseillé
	Artichaut	Redressement	23 t/ha/2ans	Cuivre	Conseillé	Conseillé
		Entretien	0 t/ha/2ans			
Prairies	Ray Grass	Entretien	23 t/ha/3ans	Cuivre	Conseillé	Conseillé

Source : Chambre d'Agriculture du Languedoc-Roussillon, 2011

Retour p. 61



Annexe 1 : Rôles et fonctions de la matière organique du sol

Sources : Chenu et Balabane, 2001 in Tomis, 2013, complété par Baize, 2000 et Citeau *et al.*, 2008.

Retour p. 7

Annexe 2 : Textes de lois applicables dans la filière de recyclage agricole

Sources : Balloy, 2013 ; Antony, 2013 ; Syndicat Mixte de Recyclage Agricole du Haut-Rhin, 2013.

JOUE : Journal Officiel de l'Union Européenne. JORF : Journal Officiel de la République Française

Ce tableau présente une partie des textes réglementaires dont j'ai pris connaissance durant ce stage. Il s'agit d'un travail non-exhaustif. Qui montre la diversité des textes applicables.

Echelle	Thèmes	Type	Version en vigueur	Texte applicable et contenu
Union européenne	Déchets	Directive	JOUE n° L 312 du 22/11/2008	Directive n° 2008/98/CE du 19/11/2008, dite Directive Cadre Déchets relative aux déchets et abrogeant certaines directives.
				Les boues et assimilés, en tant que résidus de l'épuration des eaux usées, sont considérés comme des déchets.
Union européenne	Eau	Directive	JOUE n° L 327 du 22/12/2000	Directive 2000/60/CE du 23/10/2000, dite Directive Cadre sur l'Eau établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.
				Les épandages de boues ne doivent pas avoir de répercussions négatives sur la qualité des eaux superficielles et souterraines.
Union européenne	Eau, Agriculture	Directive	JOUE n° L 375 du 31/12/1991	Directive n° 91/676/CEE du 12/12/1991, dite Directive Nitrates concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles
				Les épandages d'azote d'origine organique doivent respecter des prescriptions pour les épandages (date, etc.) et la tenue de documents (cahiers d'épandage, etc.). ceci est lié à la conditionnalité des aides Politique Agricole Commune.
Union européenne	Eau	Directive	JOUE n° L 135 du 30/05/1991	Directive n°91/271/CEE du 21/05/1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines
				Le rejet des boues doit faire l'objet de règles générales ou être soumis à enregistrement ou autorisation
Union européenne	Sols	Directive	JOUE n° L 181 du 04/07/1986	Directive 86/278/CEE du 12 juin 1986, dite Directive Boue , relative à la protection de l'environnement et notamment des sols, lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture
				Un accord écrit entre l'agriculteur et le producteur de boues doit être établi et pouvoir être présenté dans le cadre des contrôles pour la conditionnalité des aides Politique Agricole Commune (il s'agit d'une obligation au titre de la conditionnalité pour le versement des aides Politique Agricole Commune)
National - France	Eau, Agriculture	Code de l'environnement		Articles R 211-80 à R 211-83
				Programmes d'action en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates, dans les zones vulnérables aux pollutions nitrates
				Transcription d'une partie de la Directive Nitrates (91/676/CEE)

Echelle	Thèmes	Type	Version en vigueur	Texte applicable et contenu
National - France	Agriculture, Eau	Arrêté	JORF n°0295 du 21/12/2011	Arrêté du 19/12/2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole.
				Les capacités de stockage des exploitations agricoles sont fixées, ainsi que les périodes minimales d'interdiction d'épandage des fertilisants azotés , la démarche pour le raisonnement de la fertilisation et l'établissement du plan prévisionnel de fumure et du cahier d'enregistrement des épandages.
				Cet arrêté vient préciser l'article R 211-81-1 du code de l'environnement (qui est une transcription de la directive Nitrates n°91/676/CEE)
National - France	Boues et déchets	Code des assurances	08/06/2012	Article L425-1 du code des assurances, créé par la loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 - art. 45 JORF 31 décembre 2006 relatif au fonds de garantie des risques liés à l'épandage agricole des boues d'épuration urbaines ou industrielles modifié par la décision n° 2012-251 QPC du Conseil Constitutionnel du 08/06/2012.
National - France	Matières fertilisantes et amendantes	Arrêté		Arrêté du 21/08/2007 portant mise en application obligatoire d'une norme
				La norme NF U 44-051 est d'application obligatoire.
National - France	Matières fertilisantes et amendantes	Norme		Norme NF U 44-051 Amendements organiques - Compost contenant des déchets végétaux et animaux (effluents d'élevage) et composts fabriqués à partir des ordures ménagères.
National - France	Boues et déchets	Circulaire		Circulaire du 18/04/2005 relative à l'épandage agricole des boues de stations d'épuration urbaines ; recommandations relatives aux contrôles du respect de la réglementation pour les services de police de l'eau et à l'information du public.
				s'adresse aux préfets. Le ministère de l'écologie et du développement durable insiste sur la nécessité de suivre rigoureusement la réglementation s'appliquant au recyclage des boues résiduelles de l'épuration des eaux, la communication et l'information et rappelle le rôle des organismes indépendants des producteurs de boues .
National - France	Matières fertilisantes et amendantes	Arrêté		Arrêté du 18/03/2004 portant mise en application obligatoire d'une norme
				La norme NF U 44-095 est d'application obligatoire.
National - France	Matières fertilisantes et amendantes	Norme		Norme NF U 44-095 Amendements organiques - Compost contenant des matières d'intérêt agronomique issues du traitement des eaux

Echelle	Thèmes	Type	Version en vigueur	Texte applicable et contenu
National - France	Matières fertilisantes et amendantes	Arrêté		Arrêté du 18/03/2004 relatif aux vérifications auxquelles doit procéder le responsable de la mise sur le marché des matières fertilisantes répondant à la norme NF U 44-095.
				Le responsable de la mise sur le marché des composts répondant à la NF U 44-095 doit contrôler la conformité des matières premières et des lots commercialisés, et doit garder les résultats de ces contrôles pendant 10 ans.
National - France	Boues et déchets	Arrêté		Arrêté du 08/01/1998
				Texte de base réglementation boues urbaines fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret no 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées.
National - France	Boues et déchets	Code de l'environnement		Art. R211-25 à R211-47 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées
				prescriptions générales pour le suivi et l'épandage des boues
National - France	Matières fertilisantes homologuées	Code rural		Article L255-1
				Définition de matière fertilisante
National - France	Matières fertilisantes homologuées	Code rural	21/09/2000	Article L255-3 et suivants
				Dispositions sur l'homologation et la mise en marché des matières fertilisantes homologuées concernant les conditions d'emploi, les dangers pour l'homme, les animaux et l'environnement et la publicité.
Local - Haut-Rhin	Sols	Charte de bonnes pratiques		Charte des bonnes pratiques haut-rhinoise sur l'épandage des boues de station d'épuration et de leur compost.

Retour p. 11

Annexes 3 à 5.

Guides d'entretien.

Annexe 3 : Guide d'entretien auprès des prescripteurs agricoles (conseillers des chambres, des coopératives et prestataires privés de suivi agronomique, professeurs en lycée agricole).....	6
Annexe 4 : Guide d'entretien auprès des Organismes Indépendants des producteurs de boues ou Missions Boue.	11
Annexe 5 : Guide d'entretien auprès des services ou organismes de recherche et développement	15

Retour p. 26

Annexe 3 : Guide d'entretien auprès des prescripteurs agricoles (conseillers des chambres, des coopératives et prestataires privés de suivi agronomique, professeurs en lycée agricole).

Guide d'entretien – Acteurs de la filière

Présentation

Je suis étudiante-ingénieur en agriculture en stage de fin d'étude. Je travaille pour l'Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA) et le Syndicat Mixte de Recyclage Agricole (SMRA68). Je réalise une étude à propos des besoins en recherche et développement. Le sujet porte sur les effets de l'épandage des matières organiques utilisés en agriculture, sur les plans agronomique et environnemental. J'entends par matières organiques les effluents d'élevage, les boues issues des stations d'épuration, le compost, etc.

Aujourd'hui, mon travail consiste à recenser les questions que se posent les agriculteurs sur le sujet et de voir si les données actuellement disponibles permettent d'y répondre concrètement ou si cela nécessite le développement de travaux de recherche.

Est-ce que vous avez des questions sur le sujet de l'étude ou mon travail ?

L'entretien va durer environ une heure. Cet entretien reste anonyme. Cela vous convient-il ?

Partie 1 : Présentation de la personne

1) Pourriez-vous vous présenter svp ?

- Rôle / Missions → Quelles sont vos missions ?
- Partenaires
- Zone géographique de travail
- Lien avec les agriculteurs
- Groupes de travaux nationaux et réseaux

2) En Alsace, quelles sont les priorités et les enjeux du secteur agricole ?

3) Quels sont les objectifs ou les valeurs de l'ARAA ?

Ici, recentrer le sujet sur les effets des MO sur le plan agronomique et environnemental.

4) Avez-vous mis en place des essais ?

- Thématiques
- Comment ont-ils été initiés ?
- Où en sont ces essais ? si arrêt, raisons ?
- Existe-t-il des synthèses ? Quelles suites ont été données (communication) ?

Partie 2 : Les épandages de MO en pratique

Conseillers agricoles

NB : insister successivement sur les effluents d'élevage et sur les autres produits épandus.

- 5) En quoi consiste votre activité auprès des agriculteurs que vous suivez ?**
- 6) Quelle est l'utilisation des MO par les agriculteurs que vous accompagnez ?**
 - Nombre d'agriculteurs utilisateurs (y compris effluents d'élevage)
 - Pourquoi : intérêts visés par l'utilisation / objectifs
 - Comment :
 - Quel MO, Connaissez-vous ces MO ?
 - cultures, intégration dans l'itinéraire technique
- 7) Pour vous, quels sont les avantages et les inconvénients de l'épandage de ces matières ?**
- 8) Comment sont évoqués les épandages de MO avec les agriculteurs ?**
 - A quelle occasion ?
 - Fréquence (récurrent ou ponctuel ?)
 - Quels agriculteurs (OTEX, zone géographique) ?

Prestataires privés

- 9) En quoi consiste votre activité auprès des agriculteurs que vous suivez ?**
- 10) Comment sont évoqués les épandages de MO avec les agriculteurs ?**
 - Stratégie clientèle, prospective, démarchage des agriculteurs
 - Fréquence, à quelle occasion
 - Nombre d'agriculteurs suivis
- 11) Quelle est la motivation des agriculteurs pour utiliser ces produits ?**
 - Intérêts exprimés par les utilisateurs, ce qu'ils cherchent
 - Comment ?
 - forme MO, quantités
 - cultures, intégration dans l'itinéraire technique (références et outils)
- 12) Pour vous, quels sont les avantages et les inconvénients des matières que vous proposez ?**

Lycées agricoles

- 13) Utilisez-vous des produits organiques au lycée ?**
 - Si oui,
 - forme MO, quantités
 - cultures, intégration dans l'itinéraire technique

14) Abordez-vous le sujet de l'épandage des produits organiques et leurs effets avec les élèves ?

- Comment est évoqué ce sujet ? (formalisation)
- Avantages et inconvénients
- Quelles sont les réactions des élèves sur le sujet ?

Partie 3 : Effets de l'épandage des MO

15) Selon vous, quelles sont les interrogations que suscitent les MO ?

(Quelles sont les lacunes dans vos connaissances sur l'utilisation des MO et leurs effets ?)

- valeur agronomique (devenir sur le plan agronomique)
- impacts environnementaux (impacts sanitaires, innocuité)
 - *Effet matrice : quel MO (origine, forme)*
 - *Compartiment (sol, plante, eau, air)*
- Certains produits ou pratiques suscitent-ils plus d'interrogations que d'autres ?
- Avez-vous perçu des évolutions ?
- Quels sont les différentes MO dont vous avez entendu parler et leurs effets ?

16) Quelles sont les questions que soulèvent les agriculteurs à propos des épandages de MO ?

- Sur quelle thématique ?
- Se posent-ils des questions différentes selon nature des MO ?

17) Quels sont les nouveaux MO dont vous avez entendu parler ?

- Est-ce que vous avez des informations sur leurs effets ?
 - Si oui, lesquelles ? Par qui ?
- Quelles sont les questions que vous vous posez sur ces MO ?

18) Ces interrogations représentent-elles un frein aux pratiques de recyclage agricole ?

- *Pourquoi* est-il important d'y trouver des réponses ?

Partie 4 : Prise d'information et rôle de la recherche

19) Qui selon vous est susceptible de répondre à ces questions ?

- Avec quels outils ? Avec quels moyens ?

20) D'après vous, quelle est la place des expérimentations ?

- Pour vous, est-ce qu'une expérimentation au champ peut avoir une utilité ?
- Quelles sont les critères à remplir pour quelle soit valorisable ?
 - Quelles thématiques ?
 - Quelle échelle de temps ?
 - Est-ce qu'il est important que ce soient des références locales ? si oui, pour quelles raisons ?
 - Une expérimentation doit-elle refléter la réalité du terrain pour être recevable ? Une expérimentation doit-elle maximiser les risques en allant au-delà des pratiques (non-respect de la réglementation) ?

21) Est-ce que les résultats de ces recherches peuvent modifier la vision des agriculteurs ou leur pratique ?

- Quelle place pensez-vous que ces informations tiennent par rapport à d'autres arguments ?

22) Avez-vous mis en place des essais ?

- Thématiques
- Comment ont-ils été initiés ?
- Où en sont ces essais ? si arrêt, raisons ?
- Existe-t-il des synthèses ? Quelles suites ont été données (communication) ?

23) Avez-vous connaissance des essais menés localement ?

- **Si oui,**
 - Qui, de quoi s'agit-il ?
 - Ce qu'ils en retiennent
- **Si non,**
 - Essais de longue durée
 - Sur les boues, étude de valeurs fertilisantes et polluants

Partie 5 : Position et compléments

24) Votre organisation a-t'elle une position sur le retour au sol des produits organiques ?

- **Si oui, laquelle ?**
 - Les personnes ont-elles toute la même position dans l'entreprise ? Est-ce que cette opinion est partagée au sein de l'entreprise ?

- Y-a-t'il une évolution sur la question ?

25) Et vous, avez-vous une position personnelle ?

26) Y-a-t'il des éléments que nous n'avons pas abordés et dont vous souhaitez parler ou auquel je n'aurais pas pensé à propos des effets de l'épandage des MO ?

Partie 6 : Talon sociologique

Identité	Nom	
	Prénom	
Métier	Organisation / Entreprise	
	Poste et ancienneté	
	Rôle	
	Proximité avec les agriculteurs	
Origine	Etudes	
	Origine agricole	
Autres activités	association	
Coordonnées	Adresse	
	Téléphone	
	Mail	

Retour p. 26

Annexe 4 : Guide d'entretien auprès des Organismes Indépendants des producteurs de boues ou Missions Boue.

Guide d'entretien – Organismes indépendants des producteurs de boues et Missions Boue

Présentation

Je suis étudiante-ingénieur en agriculture en stage de fin d'étude. Je travaille pour l'Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA) et le Syndicat Mixte de Recyclage Agricole (SMRA68). Je réalise une étude à propos des besoins en recherche et développement. Le sujet porte sur les effets de l'épandage des matières organiques utilisés en agriculture, sur les plans agronomique et environnemental. J'entends par matières organiques les effluents d'élevage, les boues issues des stations d'épuration, le compost, etc.

Aujourd'hui, mon travail consiste à recenser les questions qui se posent sur le sujet et de voir si les données actuellement disponibles permettent d'y répondre concrètement ou si cela nécessite le développement de travaux de recherche. Est-ce que vous avez des questions sur le sujet de l'étude ou mon travail ?

L'entretien va durer environ une heure. Cet entretien reste anonyme. Cela vous convient-il ?

Partie 1 : Présentation de la personne et de l'organisme indépendant

Pourriez-vous vous présenter svp ?

A quel organisme est intégrée la mission Boue ? Quels sont les collègues ?

Rôle / Missions → Quelles sont vos missions ?

Zone géographique de travail

Lien avec les agriculteurs

Ancienneté

Groupes de travaux nationaux

Dans votre zone de travail, quelles sont les priorités et les activités de la filière du retour au sol des matières organiques ?

Ici, recentrer le sujet sur les effets des MO sur le plan agronomique et environnemental.

Avez-vous mis en place des essais ?

Thématiques

Comment ont-ils été initiés ?

Où en sont ces essais ? si arrêt, raisons ?

Existe-t-il des synthèses ? Quelles suites ont été données (communication) ?

Partie 2 : Les épandages de MO en pratique

Combien d'agriculteurs sont concernés par l'épandage de MO ?

Quelles MO, quantités
Zone géographique
cultures, intégration dans l'itinéraire technique
périodes d'épandage

Qui vient vous consulter ? Pour quelles raisons ?

A quelle occasion ?
Fréquence ?

Les agriculteurs vous interrogent-ils à propos des effets des MO ?

Sur quelle(s) thématique(s) ?
Se posent-ils des questions différentes selon nature des MO ?
Fréquence (récurrent ou ponctuel ?)
A quelle occasion ?
Quels agriculteurs (OTEX, zone géographique).

Partie 3 : Effets de l'épandage des MO

Selon vous, quelles sont les interrogations que suscitent les MO ?

(Quelles sont les lacunes dans vos connaissances sur l'utilisation des MO et leurs effets ?)

valeur agronomique (devenir sur le plan agronomique)
impacts environnementaux (impacts sanitaires, innocuité)
Effet matrice : quel MO (origine, forme)
Compartiment (sol, plante, eau, air)

Certains produits ou pratiques suscitent-ils plus d'interrogations que d'autres ? Les questions sont-elles différentes selon nature des MO ?
Qui sont les personnes qui se posent ces questions ?
Avez-vous perçu des évolutions ?

Quels sont les nouveaux MO dont vous avez entendu parler ?

Est-ce que vous avez des informations sur leurs effets ?
Si oui, lesquelles ? Par qui ?
Quelles sont les questions que vous vous posez sur ces MO ?

Ces interrogations représentent-elles un frein aux pratiques de recyclage agricole ?

Pourquoi est-il important d'y trouver des réponses ?

Partie 4 : Prise d'information et rôle de la recherche

Comment vous informez-vous quand vous souhaitez obtenir des informations sur les effets de l'épandage de ces matières organiques ?

Qui selon vous est susceptible de répondre à ces questions ?

Avec quels outils ? Avec quels moyens ?

D'après vous, quelle est la place des expérimentations ?

Pour vous, est-ce qu'une expérimentation au champ peut avoir une utilité ?

Quelles sont les critères à remplir pour quelle soit valorisable ?

Quelles thématiques ?

Quelle échelle de temps ?

Est-ce qu'il est important que ce soient des références locales ? si oui, pour quelles raisons ?

Une expérimentation doit-elle refléter la réalité du terrain pour être recevable ? Une expérimentation doit-elle maximiser les risques en allant au-delà des pratiques (non-respect de la réglementation) ?

Est-ce que les résultats de ces recherches peuvent modifier la vision des agriculteurs et l'utilisation des MO ?

Quelle place pensez-vous que ces informations tiennent par rapport à d'autres arguments ?

Sur ce sujet estimez-vous être suffisamment informés ou avez-vous des besoins spécifiques de données ?

De quelle nature ?

Caractérisation des MO et gisements potentiels

Effets

Autres : structure de la filière, contexte et enjeux de la filière, réglementation, etc.

Avez-vous des exigences spécifiques ?

Avez-vous connaissance des essais menés localement dans le Grand Est ou à d'autres échelles ?

Si oui, qu'en reprenez-vous ?

Partie 5 : Position et compléments

Selon vous, quelle est la place des questions sur les effets agronomiques et environnementaux de l'épandage par rapport à l'ensemble des enjeux de la filière ?

Priorité donnée à ces questions

Y-a-t'il des éléments que nous n'avons pas abordés et dont vous souhaitez parler ou auquel je n'aurais pas pensé à propos des effets de l'épandage des MO ?

Partie 6 : Talon sociologique

Identité	Nom	
	Prénom	
Métier	Organisation / Entreprise	
	Poste et ancienneté	
	Rôle	
	Proximité avec les agriculteurs	
Origine	Etudes	
	Origine agricole	
Autres activités	association	
Coordonnées	Adresse	
	Téléphone	
	Mail	

Retour p. 26

Annexe 5 : Guide d'entretien auprès des services ou organismes de recherche et développement

Guide d'entretien – R&D

Présentation

Je suis étudiante-ingénieur en agriculture en stage de fin d'étude. Je travaille pour l'Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA) et le Syndicat Mixte de Recyclage Agricole (SMRA68). Je réalise une étude à propos des besoins en recherche et développement. Le sujet porte sur les effets de l'épandage des matières organiques utilisés en agriculture, sur les plans agronomique et environnemental. J'entends par matières organiques les effluents d'élevage, les boues issues des stations d'épuration, le compost, etc.

Aujourd'hui, mon travail consiste à recenser les questions qui se posent sur le sujet et de voir si les données actuellement disponibles permettent d'y répondre concrètement ou si cela nécessite le développement de travaux de recherche.

Est-ce que vous avez des questions sur le sujet de l'étude ou mon travail ?

L'entretien va durer environ une heure. Cet entretien reste anonyme. Cela vous convient-il ?

Partie 1 : Présentation de la personne

Pourriez-vous vous présenter svp ?

Place et rôle de la personne dans l'entreprise

Présentation de l'entreprise

Sujets de recherche

Moyens de R&D

Partie 2 : R&D sur les MO

En ce qui concerne les produits épandus en agriculture, quelle est votre activité ?

Comment sont-ils abordés ? Lesquels ?

Comment en êtes-vous venu à vous intéresser aux MO ?

Dans quelles perspectives ? / Avec quels objectifs ?

Pourquoi ?

Evolution de l'activité

Quelles sont les thématiques que vous étudiez ?

Comment les avez-vous choisies ?

Pourquoi ?

Comment répondez-vous à ces questions ?

Avec quels moyens (laboratoire, essai au champ)

Mise au point de méthodes
Modélisation
Recherche fondamentale
Recherche appliquée
Comment les travaux sont financés ?

Les agriculteurs et les personnes qui les accompagnent vous adressent-ils des questions ?

Qui vient-vous consulter ? Pour quelles raisons ?

Par quel moyen vient-on vous consulter ? (formalisation des interrogations)
Quelles sont les thématiques ?

Partie 3 : Interrogations sur les MO

Quelles sont les interrogations que suscitent les MO selon vous ?

Quelles sont les lacunes dans vos connaissances sur l'utilisation des MO et leurs effets ?

Toutes les questions, y compris celles sur lesquelles vous ne travaillez pas
valeur agronomique (devenirs sur le plan agronomique)
impacts environnementaux (impacts sanitaires, innocuité)
Effet matrice : quel MO (origine, forme)
Compartiment (sol, plante, eau, air)

Certains produits ou pratiques suscitent-ils plus d'interrogations que d'autres ?
Avez-vous perçu des évolutions ?

Quels sont selon vous les sujets d'avenir ?

Matrices : Quels sont les nouveaux MO dont vous avez entendu parler ?
Est-ce que vous avez des informations sur leurs effets ?
Si oui, lesquelles ? Par qui ?
Effets : Quelles sont les questions que vous vous posez sur ces MO ?

Ces interrogations représentent-elles un frein aux pratiques de recyclage agricole ?

Pourquoi est-il important d'y trouver des réponses ?

Partie 4 : Information et rôle de la recherche

Comment vous informez-vous quand vous souhaitez obtenir des informations sur les effets de l'épandage de ces produits organiques ?

Qui selon vous est susceptible de répondre à ces questions ?

Avec quels outils ? Avec quels moyens ?
Avez-vous connaissance des SOERE ? SOERE PRO

D'après vous, quelle est la place des expérimentations ?

Pour vous, est-ce qu'une expérimentation au champ peut avoir une utilité ?

Quelles sont les critères à remplir pour quelle soit valorisable ?

Quelles thématiques ?

Quelle échelle de temps ?

Est-ce qu'il est important que ce soient des références locales ? si oui, pour quelles raisons ?

Une expérimentation doit-elle refléter la réalité du terrain pour être recevable ? Une expérimentation doit-elle maximiser les risques en allant au-delà des pratiques (non-respect de la réglementation) ?

Avez-vous connaissance du projet CasDAR Réseau PRO ?

Est-ce que les résultats de ces recherches peuvent modifier la vision des agriculteurs et l'utilisation des MO ?

Quelle place pensez-vous que ces informations tiennent par rapport à d'autres arguments ?

Sur ce sujet estimez-vous être suffisamment informés ou avez-vous des besoins spécifiques de données ?

De quelle nature ?

Caractérisation des MO et gisements potentiels

Effets

Autres : structure de la filière, contexte et enjeux de la filière, réglementation, etc.

Avez-vous des exigences spécifiques ?

Avez-vous connaissance des essais menés localement ?

Si oui,

Qui, de quoi s'agit-il ?

Ce qu'ils en retiennent

Si non,

Essais de longue durée

Sur les boues, étude de valeurs fertilisantes et polluants

Partie 5 : Position et compléments

Votre organisation a-t'elle une position sur le retour au sol des produits organiques ?

Si oui, laquelle ?

Les personnes ont-elles toute la même position dans l'entreprise ? Est-ce que cette opinion est partagée au sein de l'entreprise ?

Y-a-t'il une évolution sur la question ?

Et vous, avez-vous une position personnelle ?

Y-a-t'il des éléments que nous n'avons pas abordés et dont vous souhaitez parler ou auquel je n'aurais pas pensé à propos des effets de l'épandage des MO ?

Partie 6 : Talon sociologique

Identité	Nom	
	Prénom	
Métier	Organisation / Entreprise	
	Poste et ancienneté	
	Rôle	
	Proximité avec les agriculteurs	
Origine	Etudes	
	Origine agricole	
Autres activités	association	
Coordonnées	Adresse	
	Téléphone	
	Mail	

Retour p. 26

Annexe 6 : Caractéristiques pédologique de la parcelle d'essai d'Ensisheim

Le **diagnostic agro-pédologique** repose sur l'ouverture d'une fosse, et des sondages à la tarière (Schaub et Valentin, 1999).

1. L'ouverture d'une fosse :

- Comment :
 - 1,60 m de profondeur (c'est-à-dire jusqu'au gravier rhénan) sur 2 m de largeur
 - Ouvert à la pelle mécanique le 25/10/1995 (à l'emplacement d'une future allée)
- Dans quel but ?
 - Description du profil pédologique
 - Prélèvement d'échantillons de terres.
- Résultats :
 - Le sol décrit correspond au profil schématisé ci-contre (Figure 21).
 - Moins de 0,1 % de pente, ce qui contribue à diminuer considérablement le risque de contaminations entre les parcelles élémentaires.
 - Selon le référentiel pédologique français, c'est un néoluvisol fersialitique caillouteux, limono-argilo-sableux, c'est-à-dire un sol brun décalcifié rougeâtre, moyennement profond à profond sur gravier rhénan. Il présente une texture limono-argilo-sableuse à argilo-limono-sableuse, un pH de 6 en surface et de 8,3 en profondeur (au-delà de 120 cm). La teneur en matière organique varie de 1,8 à 1,0% jusqu'à 120 cm de profondeur.

Le site retenu représente 10 000 à 12 000 hectares de terres agricoles, exclusivement localisées dans le Haut-Rhin, soit 8,5 % de la SAU départementale, pour lesquels les résultats qui seront obtenus sur le site pourront être directement extrapolables.

2. La réalisation de sondages à la tarière.

- Comment ?
 - 20 sondages à la tarière, le 14/11/1995.
 - Prélèvement d'échantillons pour trois profondeurs (0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm).
- Dans quel but ?
 - Estimer la variabilité pédologique de la parcelle
- Résultats :
 - La carte pédologique est présentée en Figure 22 ci contre.

Retour p. 30

Annexe 7 : Caractéristiques pédologique de la parcelle d'essai de Bergheim

Source : Imhoff *et al.*, 2011

La parcelle se situe dans le Piémont des Vosges.

Sa pente est faible à nulle, ce qui évite le plus possible les contaminations entre parcelles par ruissellement.

1. Fosse pédologique

- Référentiel pédologique et type de sol

Glacis d'alluvions vosgiennes du Piémont Alsacien.

Sol brun lessivé rougeâtre, moyennement profond à profond, sur gravier d'origine vosgienne.

- Texture

Texture sablo-argilo-limoneuse en surface à limono-argilo-sableuse en profondeur, et au départ de l'essai un pH légèrement inférieur à 6 en surface.

2. Sondages tarière (26 sondages.)

- Etude de la variabilité (voir Figure 23)

Ces variabilités observées font partie de la variabilité spatiale ordinaire liée à ce type de sol et sont susceptibles d'être rencontrées sur de nombreuses parcelles au plan régional.

- Caractéristique initiale des microparcelles

Deux couches de sol ont été choisies pour effectuer les analyses de terre : 0-30 cm et 30-60 cm. Les analyses de terre pour l'état initial ont donc été réalisées sur chaque micro parcelle, sur ces deux couches de sol.

Le pH du sol, acide en surface, augmente avec la profondeur. Le choix d'une parcelle à pH compris entre 5,5 et 6 est volontaire. D'après Tremel-Schaub et Feix (2005) et Loué (1993), la mobilité et la disponibilité des éléments traces sont plus élevées dans les sols plus acides pour la plupart des ETM (le molybdène est moins disponible à pH faible, ce qui en fait un cas particulier). Le choix de cette parcelle est donc de maximiser le risque de mobilité des ETM vers les plantes.

Retour p. 31

Annexe 8 : Correspondance entre les sorties obtenues grâce au logiciel Statbox et les critères statistiques.

Essai : Ensisheim (3 traitements, 4 répétitions, essai en bloc)
 Matrice : Sol Horizon : 0-5 cm
 Année : 2006 (état final)

en italique gris : commentaires

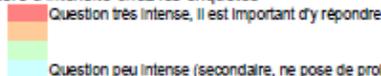
Sortie Statbox																						
	Variable : pH [sans unité]																					
Validité	HISTOGRAMME DES RESIDUS																					
	<table border="1"> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td>33</td></tr> <tr><td>4</td><td>32</td><td>24</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>31</td><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>21</td><td>22</td><td>34</td></tr> <tr><td>1</td><td>14</td><td>13</td><td>12</td><td>11</td></tr> </table>	5			33	4	32	24		3	31	23		2	21	22	34	1	14	13	12	11
5			33																			
4	32	24																				
3	31	23																				
2	21	22	34																			
1	14	13	12	11																		
	EFFECTIF 1 4 5 2																					
	BORNES - .125 - .067 - .008 .05																					
	à à à à																					
	- .067 - .008 .05 .108																					
	MINIMUM -0,125 MAXIMUM 0,108 INTERVALLE 0,058																					
Validité	INDICES DE NORMALITE (coefficients de K.PEARSON)																					
	SYMETRIE (valeur idéale théorique = 0) : BETA 1 = 0.0																					
	PROB : 0.9999																					
	APLATISSEMENT (valeur idéale théorique = 3) : BETA 2 = 2.62																					
	PROBA : 0.75785																					
Validité	RESIDUS SUSPECTS (méthode de GRUBBS)																					
	NUL																					
Validité	CARTOGRAPHIE DES RESIDUS																					
	<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>BOUE b4</td><td>MINERAL b4</td><td>BCH b4</td></tr> <tr><td>2</td><td>MINERAL b3</td><td>BCH b3</td><td>BOUE b3</td></tr> <tr><td>3</td><td>BCH b2</td><td>BOUE b2</td><td>MINERAL b2</td></tr> <tr><td>4</td><td>BOUE b1</td><td>MINERAL b1</td><td>BCH b1</td></tr> </table>		1	2	3	1	BOUE b4	MINERAL b4	BCH b4	2	MINERAL b3	BCH b3	BOUE b3	3	BCH b2	BOUE b2	MINERAL b2	4	BOUE b1	MINERAL b1	BCH b1	
	1	2	3																			
1	BOUE b4	MINERAL b4	BCH b4																			
2	MINERAL b3	BCH b3	BOUE b3																			
3	BCH b2	BOUE b2	MINERAL b2																			
4	BOUE b1	MINERAL b1	BCH b1																			
	< -4.507506E-02 < 0 < -4.507506E-02 < 999999																					
Validité	ECARTS-TYPES DES RESIDUS																					
	ECARTS-TYPES FACTEUR 1 = Traitement																					
	<table border="1"> <tr><td>1 (BOUE)</td><td>2 (BCH)</td><td>3 (MINERAL)</td></tr> <tr><td>0,1</td><td>0,032</td><td>0,072</td></tr> </table>	1 (BOUE)	2 (BCH)	3 (MINERAL)	0,1	0,032	0,072															
1 (BOUE)	2 (BCH)	3 (MINERAL)																				
0,1	0,032	0,072																				
	KHI2 = 2.836																					
	PROB =0.24084																					
	doit être supérieur à 0,05																					
	ECARTS-TYPES BLOCS = BLOC																					
	<table border="1"> <tr><td>1 (b1)</td><td>2 (b2)</td><td>3 (b3)</td><td>4 (b4)</td></tr> <tr><td>0,095</td><td>0,038</td><td>0,025</td><td>0,115</td></tr> </table>	1 (b1)	2 (b2)	3 (b3)	4 (b4)	0,095	0,038	0,025	0,115													
1 (b1)	2 (b2)	3 (b3)	4 (b4)																			
0,095	0,038	0,025	0,115																			
	KHI2 = 4.172																					
	PROB =0.24228																					
	doit être supérieur à 0,05																					
Validité	INTERACTION TRAITEMENTS*BLOCS																					
	SCE test de TUKEY = 0.003																					
	PROBA = 0.617303																					
	doit être supérieur à 0,05																					
	sinon il existe un effet traitement-bloc																					

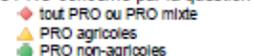
ANALYSE DE VARIANCE							
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Résultat	VAR.TOTALE	4,009	11	0,364			
	VAR.FACTEUR 1	3,952	2	1,976	245,273	0,00002	
	VAR.BLOCS	0,009	3	0,003	0,379	0,77315	
Qualité	VAR.RESIDUELLE	0,048	6	0,008		0,09	1,38%
Résultat	MOYENNES				<i>si < 0,05, effet traitement significatif</i>		<i>doit être le plus faible possible</i>
	MOYENNE GENERALE = 6.492 (dans l'unité de la variable étudiée)						
	MOYENNES FACTEUR 1 = Traitement						
	1 (BOUE)	2 (BCH)	3 (MINERAL)				
	6,15	7,3	6,025				
	MOYENNES BLOCS = BLOC						
	1 (b1)	2 (b2)	3 (b3)	4 (b4)			
	6,533	6,5	6,467	6,467			
Qualité	PUISSANCE DE L'ESSAI						
	FACTEUR 1 : Traitement						
			RISQUE de 1ere ESPECE				
	ECARTS	ECARTS	5% 10% 20%				
	En %	V.Absolue	PUISSANCE A PRIORI				
	5%	0,32	86%	92%	97%		
	10%	0,65	99%	99%	99%		
			PUISSANCE A POSTERIORI				
	Moyennes observées		99%	99%	99%		
	<i>doivent être le plus élevé possible (communément le seuil de 75% est utilisé)</i>						
Résultat	COMPARAISONS DE MOYENNES						
	TEST DE NEWMAN-KEULS - SEUIL = 5%						
	FACTEUR 1 : Traitement						
	NOMBRE DE MOYENNES		2	3			
	VALEURS DES PPAS		0,155	0,195			
	F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
	2.0	BCH	7,3	A			
	1.0	BOUE	6,15	B			
	3.0	MINERAL	6,025	B			
	<i>groupes homogènes différents si effet significatif des traitements</i>						
inter-essai	Données pour des regroupements d'essais						
	1 (BOUE)	6,15	Résiduelle	DDL	Nb Blocs	<i>doit être du même ordre que la résiduelle des autres essais</i>	
	2 (BCH)	7,3	0,008	6	4		
	3 (MINERAL)	6,025					

Retour au Tableau 6

Retour au texte, p. 31

Annexe 9 : Association des questions avec les 15 mots-clefs et importance des mots-clefs.

Critère d'intensité chez les enquêtés


Type de PRO concerné par la question


Importance du mot-clef


Questions (nombre de personnes ayant évoqué la question)	Mots-clefs														
	Nouveau PRO	Composition	Variabilité dans les effets et la composition	Fertilité chimique - Effet engrais	Rendement	Valeur économique ou élément de raisonnement économique	Traitements biologiques et physiques	Effet amendement organique, quantité et qualité de la matière organique	Biodiversité	Autre effet agronomique ou effet positif sur l'environnement	Pertes en nitrates	ETM	Polluants émergents	GES	Autre polluant / effet négatif
	13	8	14	37	12	11	10	25	3	5	14	9	12	5	5
Segmentation des PRO avec dénomination et critères de discrimination	1	x	x	x				x							
Composition hétérogène ou variable des PRO	3	x	x												
Intérêt agronomique du produit (comprend effet engrais et effet amendement)	2	x		x	x										
Composition des cendres (dont présence de polluants, en particulier les ETM)	1			x	x			x							
Présence de polluants dans les marcs de raisin	3	x	x	x	x			x			x	x			x
Potentiel agronomique des digestats de méthanisation	1	x			x			x							
Valeur NPK des digestats de méthanisation	5	x		x	x	x									
Effet agronomique à long terme des digestats	6	x		x											
Apport de matière organique (stabilité du carbone) par les digestats de méthanisation	1	x			x			x							
Apport de matière organique (stabilité du carbone) par les marcs de raisin	2	x													
Valeur azotée des marcs de raisin	1	x		x											
Variabilité des équivalents engrais d'une année sur l'autre et suivant les sols	1		x	x											
Expliquer la variabilité des essais azotés habituels	3		x	x											
Intérêt du compostage des effluents d'élevage (impact environnemental, facilité d'utilisation)	2	x					x			x			x		
Effet du compostage sur l'homogénéité du produit (effluents d'élevage)	2		x												
Effet du compostage des effluents d'élevage sur la valeur agronomique du produit	1			x	x		x	x							

Mots-clefs Questions <small>(nombre de personnes ayant évoqué la question)</small>	Nouveau PRO	Composition	Variabilité dans les effets et la composition	Fertilité chimique - Effet engrais	Rendement	Valeur économique ou élément de raisonnement économique	Traitements biologiques et physiques	Effet amendement organique, quantité et qualité de la matière organique	Biodiversité	Autre effet agronomique ou effet positif sur l'environnement	Pertes en nitrates	ETM	Polluants émergents	GES	Autre polluant / pollution ou effet négatif
	13	6	14	37	12	11	10	25	3	5	14	9	12	5	5
▲ Composition des composts de fumier	2	x	x												
▲ Décision de composter ou non les effluents d'élevage (agriculteur)	1		x	x		x	x	x							
▲ Gestion du compostage des fumiers (quelle durée, nombre de retournements)	2						x								
▲ Effet des adjuvants sur l'ensemble du processus	2	x			x			x			x			x	
▲ Effet de la séparation de phase sur la valeur azotée du lisier	1				x		x								
▲ Effet de l'oxygénation du lisier sur la disponibilité en azote	1				x		x								
▲ Traitements existants pouvant augmenter la disponibilité des éléments	1				x	(x)	x								
● Effet du compostage sur la dégradation des polluants	2						x						x		x
◆ Comportement des inertes (plastique) lors du processus de méthanisation	1						x								
● Evolution du rendement suivant les apports de composts de boues	1														
● Potentiel agronomique des composts de boues	4				x			x							
● Effet/Valeur agronomique des PRO non-agricoles (boues, composts de boues), équivalent engrais (disponibilité des éléments lors de la première année), arrière-effets	6			x	x			x							
▲ Effet azote des effluents d'élevage	2				x	(x)		x							
● Dynamique de minéralisation azotée des composts de boues (quantité disponible, quand)	3			x	x										
● Arrière-effets cumulés des boues séchées	1				x										
◆ Périodes d'apport les plus efficaces vis-à-vis de la disponibilité de l'azote	2				x										
◆ Stratégies d'épandage (adéquation entre besoins de la culture et disponibilité de l'azote)	2				x										

Mots-clefs Questions <small>(nombre de personnes ayant évoqué la question)</small>	Nouveau PRO	Composition	Variabilité dans les effets et la composition	Fertilité chimique - Effet engrais	Rendement	Valeur économique ou élément de raisonnement économique	Traitements biologiques et physiques	Effet amendement organique, quantité et qualité de la matière organique	Biodiversité	Autre effet agronomique ou effet positif sur l'environnement	Pertes en nitrates	ETM	Polluants émergents	GES	Autre polluant / pollution ou effet négatif
	13	6	14	37	12	11	10	25	3	5	14	9	12	5	5
◆ Affiner les connaissances sur l'effet azote selon les facteurs suivants : sol, climat, culture implantée, conditions d'épandage, période d'épandage, travail du sol, couverture du sol, historique d'apport de PRO	8		x	x											
▲ Incohérence entre les arrières-effets mesurés au champ et la méthode du COMIFER	2			x											
◆ Cultures valorisant le mieux l'azote apporté par les PRO	1			x	x						x				
● Valeur amendante (basique) des boues chaulées	1									x					
● Disponibilité du phosphore dans les effluents de l'atelier	2		x	x											
◆ Disponibilité du phosphore dans les digestats	1	x		x											
◆ Méthode de dosage du phosphore biodisponible	3			x											
◆ Risques de lixiviation et de lessivage liés aux PRO	1										x				
◆ Pertes azotées liées aux digestats	1	x									x				
◆ Effet des PRO sur le taux de matière organique et la structure du sol	4							x							
◆ Effets "matière organique" pas matérialisables, pas "palpables" : qu'est-ce qui est attribué à la matière organique ? Paramètres à observer et interprétations	3			x				x	x	x					
◆ Disposer de références sur la valeur humique des PRO agricoles	2							x							
◆ Etude de la stabilité structurale, indice de battance, etc.	1							x							
◆ Etude de l'activité microbienne et de la microfaune	1								x	x					
◆ Qualification des sols à apports réguliers de PRO	1			x				x		x					
◆ Stockage de carbone par l'apport de PRO	1							x							
● Présence d'ETM dans les PRO non-agricoles												x			
● Seuils de concentration d'ETM au-delà desquels il y a un risque important (pour boues de fosse et cendres)												x			

Questions (nombre de personnes ayant évoqué la question)	Mots-clefs															
	Nouveau PRO	Composition	Variabilité dans les effets et la composition	Fertilité chimique - Effet engrais	Rendement	Valeur économique ou élément de raisonnement économique	Traitements biologiques et physiques	Effet amendement organique, quantité et qualité de la matière organique	Biodiversité	Autre effet agronomique ou effet positif sur l'environnement	Pertes en nitrates	ETM	Polluants émergents	GES	Autre polluant / pollution ou effet négatif	
Disponibilité des ETM pour les plantes, transfert vers la plante	9											x				
Accumulation des ETM dans la culture et dans les grains en partouiller												x				
Accumulation des ETM dans le sol												x				
Molécules émergentes préoccupantes	2												x			
Présence de polluants émergents dans les PRO non-agricoles (en particulier les hormones, les résidus médicamenteux et les perturbateurs endocriniens dans les boues de station)	7												x			
Mécanisme de transfert des polluants émergents vers la plante ou l'animal	2												x			
Éléments pour anticiper d'éventuels évolutions de la réglementation autour des polluants émergents	3												x			
Avoir des méthodes d'étude plus précises que les tests d'écotoxicité	1												x			
Risque des polluants émergents au pâturage	1												x			
Absence de méthode ou problème de quantification de certains composés (acrylamide, résidus médicamenteux)	1												x			
Résidus d'antibiotiques dans les effluents d'élevage	1												x			
Avoir des informations sur les GES libérés par les effluents d'élevage (en litière, en stockage, à l'épandage) pour anticiper des questions	2													x		
Sols naturellement chargés en nickel dans certaines zones	1											x				
Mesure du risque nitrates en zones hydromorphes (en particulier pour les digestats)	2										x					
Risque d'eutrophisation lié aux épandages de PRO en automne	2										x					
Définir les pratiques compatibles avec une bonne qualité de l'eau	1										x					

Mots-clefs Questions <small>(nombre de personnes ayant évoqué la question)</small>	Nouveau PRO	Composition	Variabilité dans les effets et la composition	Fertilité chimique - Effet engrais	Rendement	Valeur économique ou élément de raisonnement économique	Traitements biologiques et physiques	Effet amendement organique, quantité et qualité de la matière organique	Biodiversité	Autre effet agronomique ou effet positif sur l'environnement	Pertes en nitrates	ETM	Polluants émergents	GES	Autre polluant / pollution ou effet négatif	
	13	8	14	37	12	11	10	25	3	5	14	9	12	5	5	
● Coût de modification du système d'exploitation vers l'intégration des PRO	1					x										
◆ Comparaison d'un système de culture exclusivement basé sur les PRO à un système conventionnel sans PRO (effet sur la fertilité et durabilité économique)	1			x	x	x		x								
◆ Intégrer la notion de technique culturale sans labour dans un système d'exploitation utilisant des PRO (pérennité à long terme)	2			x	x	x		x								
● Avantage économique lié à l'utilisation des PRO	6				x	x										
◆ Risque de concentration de l'azote lors de la mise en place d'un projet de méthanisation	1	x	x				x				x					
▲ Composition des effluents dans les aires d'alimentation de captage	1		x	x							(x)					
◆ Synthétiser les éléments pour faire une analyse coût/bénéfice/risques	2		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
● Règles "universelles" d'épandage	1			x				x			x			x		
● Avoir des références pour d'autres cultures (colza, tournesol)	1			x	x											
● Périodes d'apport les plus favorables pour éviter la détérioration des sols	1															x
◆ Problème pour l'implantation des CIPAN	2															
● Aide pour que l'agriculteur fasse son choix de PRO (produit le plus adapté, conseil d'apport)	5			x	x			x			x					
◆ Cartographie les besoins en matière organique	1							x			(x)					

Critère d'intensité chez les enquêtés



Question très intense, il est important d'y répondre

Question peu intense (secondaire, ne pose de problème)

Type de PRO concerné par la question

- ◆ tout PRO ou PRO mixte
- ▲ PRO agricoles
- PRO non-agricoles

Importance du mot-clef



Indicateur basé sur le nombre de questions auxquelles le mot-clef est lié

Jugé par l'enquêteur en fonction de l'importance du sujet lors de l'entretien, d'indicateurs verbaux, etc.

Retour p. 34

Annexe 10 : Fiches Questions – Pistes de réponses – Propositions d’actions

Quelle fiche consulter ?

Mot-clef	Fiche
Fertilité chimique - Effet engrais	Valeur engrais, typologie
Effet amendement organique, quantité et qualité de la matière organique	Typologie
Variabilité dans les effets et la composition	Valeur engrais, typologie
Rendement	Valeur engrais
Nouveau PRO	Typologie
Polluants émergents	Polluants émergents
Valeur économique ou élément de raisonnement économique	Valeur engrais
Pertes en nitrates	Risques nitrates et phosphore
ETM	ETM
Traitements biologiques et physiques	Effets des traitements
Composition	Typologie, valeur engrais
Autre polluant / pollution ou effet négatif	
GES	GES
Autre effet agronomique ou effet positif sur l'environnement	Autres services rendus par les PRO
Biodiversité	Autres services rendus par les PRO

Fiche 1 : Typologies des PRO	30
Fiche 2 : Valeur « engrais » des PRO	34
Fiche 3 : Eléments traces métalliques ETM	40
Fiche 4 : Effets des traitements sur la composition et les effets	42
Fiche 5 : Valeur « amendement basique »	45
Fiche 6 : Valeur « amendement organique ».....	46
Fiche 7 : Risques « Nitrates et phosphore »	50
Fiche 8 : Polluants émergents.....	53
Fiche 9 : Gaz à effet de serre	55
Fiche 10 : Autres services rendus par les PRO	58
Fiche 11 : Gestion globale des PRO.....	60

Retour

p. 39 (3.1.3 Focus sur trois thèmes : valeur « engrais », typologie et ETM)

p. 58 (Hiérarchisation des questions)

p. 62 (4.3.2 Un travail de communication et de partenariat)

Fiche 1 : Typologies des PRO

Besoin / Question	<ul style="list-style-type: none"> • Etablir une typologie ou une nomenclature des PRO qui soit représentative et reflète la composition et les effets agronomiques de ces produits épandus au champ • Etablir des indicateurs analytiques fiables pour la caractérisation en laboratoire des PRO et estimer leur potentiel. • Evaluer un nouveau PR(O) en termes d'intérêt agronomique
Porteurs de la question	Organismes de recherche appliquée, Mission Boues
Buts et objectifs	<p>Constituer une base pour l'aide à la décision du choix de PRO à utiliser pour l'agriculteur et ses conseillers.</p> <p>La typologie doit refléter les effets agronomiques. En pratique, il sera peut-être nécessaire de réaliser plusieurs typologies, pour correspondre aux approches de l'agriculteur (besoin) : la première basée sur le carbone et l'azote, la deuxième sur le pH (basée sur le type de sol également), une troisième sur le phosphore (produits différents), etc.</p>
Pertinence, urgence et intensité	<p>Pertinence élevée (manque actuel de clarté sur les PRO existants et leurs effets potentiels, manque de synergie entre les conseillers agricoles sur les critères de choix des PRO)</p> <p>Urgence élevée (peut constituer la base pour de futurs projets d'expérimentations ou de partenariat ; indispensable pour les OAD)</p> <p>Intensité faible (besoin exprimé uniquement par un organisme de R&D)</p>
Autres intérêts	<p>Eviter la multiplication des essais (groupes de PRO ayant des compositions et des effets similaires).</p> <p>Pouvoir établir des extrapolations sur les effets de PRO similaires.</p> <p>Créer de nouvelles synergies entre les acteurs de la recherche (mutualisation des résultats).</p> <p>Etudier de nouveaux PRO sans multiplier les essais (les PRO d'un même groupe ayant les mêmes effets agronomiques, il est possible d'extrapoler certains résultats).</p> <p>Indispensable pour la constitution des outils d'aide à la décision.</p> <p>Cette typologie peut affranchir les conseillers et les agriculteurs du rapport C/N, couramment utilisé (par exemple dans la Directive Nitrates), mais montre ses limites (ne tient pas compte des fractionnements biochimique et granulométrique).</p>
Remarque	<p>La <i>typologie</i> des PRO se différencie de la <i>nomenclature</i>, qui elle reflète l'origine du PRO et éventuellement la réglementation qui s'applique. Elles n'ont donc pas la même utilisation, mais sont complémentaires. L'enquête a montré la nécessité de fournir une nomenclature des PRO à destination des agriculteurs (diversité des produits disponibles, statut juridique pour certains produits). Cette nomenclature peut compléter le travail de typologie. La démarche de l'agriculteur étant la suivante : d'abord quel PRO l'agriculteur doit utiliser pour atteindre son objectif (typologie), puis où trouver et comment utiliser le PRO (nomenclature).</p>

Recherche et action			
Difficultés pour répondre	<p>Multiplicité des PRO existants.</p> <p>Décalage entre effets potentiels (laboratoire) et effets réels (champ) en fonction de facteurs inconnus (variabilité non expliquée) ou non-étudiés (sols, climat et système de culture inconnus).</p>		
Pistes de réponses	Indicateurs analytiques	ionb	norme XP U 44-162 norme XP U 44-163
		inc	INRA, déposé à l'AFNOR

Pistes de réponses par la recherche et limites éventuelles

Indicateurs analytiques	comment	<p>► XP U 44-162 : détermination de l'Indice de Stabilité de la Matière Organique (ISMO) par fractionnement de la matière organique du produit (cellulose, hémicellulose, lignine, fraction soluble et fraction minérale), donne la fraction organique stable dans le produit (potentiel d'humification). (voir Figure 24)</p> <p>► XP U 44-163 : minéralisation potentielle de l'azote et du carbone (voir Figure 25)</p> <ul style="list-style-type: none"> - description de l'intérêt du produit : valeur « engrais » ou valeur « amendement ». - comparaison des produits et de leurs potentiels (formation d'humus, minéralisation de l'azote).
	avantages	Protocoles d'analyses déjà établis et normalisés. Application possible pour un grand nombre de PRO.
	limites	<p>Délais de 3 mois pour XP U 44-163. Manque de fiabilité de XP U 44-162 pour certains produits (ex : boues cellulosiques).</p> <p>Ne prédit pas le comportement au champ de matière fiabile (qui dépend d'autres paramètres supplémentaires). Variabilité des résultats très importante même pour un "PRO type"</p> <p>=> doit être affiné, au cours d'un travail important de recherche et développement</p>
Nomenclature des PRO	quoi	Nomenclature des PRO
	qui	Réseau PRO en collaboration avec le projet CasDAR "Effluents d'élevage"
	comment	Critères de nomenclature : origine des intrants et traitements.
	avantages	Rend compte de la diversité des PRO existants sur le territoire national ou potentiellement existants. Nomenclature exhaustive.
	limites	Ne prédit pas les effets des PRO. Ne permet pas d'établir des groupes de PRO ayant des comportements similaires.
Supports de communication locaux créés par le SMRA68 et la Chambre	quoi	<p>Campagne de communication Tabou(e)story réalisée par le SMRA68.</p> <p>Articles édités dans le journal hebdomadaire "Paysan du Haut-Rhin" par le SMRA68 et la Chambre.</p> <p>Guides réalisés par le service Environnement-Innovation de la Chambre d'agriculture (matières organiques et matières fertilisantes)</p>
	qui	SMRA68, Chambre d'agriculture (service environnement-innovation)
	comment	Présentation des produits disponibles en Alsace et de leurs intérêts agronomiques.

	avantages	Supports déjà existants.
	limites	Guides de la Chambre destinés à l'agriculture biologique. Pas de synthèse globale des supports de communication du SMRA68.
Propositions d'actions	Communiquer les besoins du terrain à la recherche.	
	Qui et avec qui	SMRA68, avec l'ARAA les prestataires et l'INRA
	Où	local
	Quand/Priorité	rapidement
	Comment	Communiquer les besoins en nouvelles références sur les digestats de méthanisation, les cendres. Rappeler le besoin d'établir un protocole de prise en charge des nouveaux PRO (intérêt agronomique, ainsi que leur innocuité). Besoin d'indicateurs reflétant d'autres potentiels (pH, phosphore)
	Pourquoi	Obtenir des informations sur les nouveaux PRO.
	Faire évoluer les indicateurs selon les besoins du terrain.	
	Qui et avec qui	SMRA68, avec l'ARAA les prestataires et l'INRA
	Où	local au national
	Quand/Priorité	rapidement
	Comment	Connaître les difficultés observées par les prestataires sur les nouveaux indicateurs.
	Pourquoi	Améliorer la pertinence des indicateurs.
	Faire connaître des références sur les indicateurs.	
	Qui et avec qui	SMRA68, l'ARAA avec l'INRA et le Réseau PRO
	Où	national au local
	Quand/Priorité	quand ces références sont disponibles au niveau national
	Comment	Définir des valeurs guides par type de PRO. Informer les prestataires de suivi agronomique.
	Pourquoi	Améliorer la pertinence des indicateurs et leur appropriation par les prestataires.
	Participer à la création de la typologie nationale.	
	Qui et avec qui	ARAA, SMRA68, avec la Chambre d'Agriculture et les prestataires
	Où	national au local
	Quand/Priorité	dès que la typologie est établie par le Réseau PRO
	Comment	Participer au Réseau PRO en charge de l'établissement de la typologie des PRO. Organiser un groupe de travail local pour la transposition de la typologie nationale au niveau local.
	Pourquoi	Transférer l'information de la recherche au terrain.
	Montrer aux agriculteurs l'intérêt d'une typologie des PRO selon leurs effets agronomiques	
	Qui et avec qui	ARAA, SMRA68, Chambre d'Agriculture
	Où	local
Quand/Priorité	après la typologie nationale	
Comment	Communiquer auprès des conseillers agricoles la typologie.	
Pourquoi	Aider l'agriculteur à faire le choix du PRO à utiliser.	

Se tenir au courant des résultats de l'expertise collective (ESCO) sur les matières fertilisantes d'origine résiduaire (MAFOR) commanditée par les ministères français (ministère de l'agriculture MAAF, ministère de l'environnement MEDDE)	
Qui et avec qui	ARAA, SMRA68, auprès de l'INRA (INRA, CNRS, IRSTEA)
Où	national
Quand/Priorité	en 2014
Comment	Se procurer les résultats de l'étude ESCO MAFOR auprès de l'INRA. En discuter avec l'INRA (Sabine Houot). Définir quels sont les éléments à valoriser auprès des acteurs de la filière de recyclage agricole.
Pourquoi	l'objectif du projet ESCO MAFOR est de réaliser un état de l'art des connaissances scientifiques sur les MAFOR, leur utilisation et leurs effets.
Créer une typologie des PRO pour l'aide à la décision des agriculteurs.	
Qui et avec qui	ARAA, SMRA68, Chambre d'Agriculture (Mission Boue)
Où	local
Quand/Priorité	après la typologie nationale
Comment	Rédiger un guide à l'attention des agriculteurs (grilles qui présentent les intérêts de chaque groupe de PRO disponible localement).
Pourquoi	Donner des outils pour aider l'agriculteur à choisir le PRO qui lui correspond le mieux.

Retour à la liste des fiches p. 29 des annexes

Fiche 2 : Valeur « engrais » des PRO

Besoins / Questions	<ul style="list-style-type: none"> • Quelle est la composition des effluents d'élevage en éléments fertilisants ? 		
	<ul style="list-style-type: none"> • Quelle est la disponibilité de l'azote au cours de la première année ou durant l'implantation de la culture principale réceptrice ? Quelles sont les périodes de libération de l'azote ? 		
	<ul style="list-style-type: none"> • Quels sont les arrières-effets azotés ? Quelle est la dynamique de minéralisation ? 		
	<ul style="list-style-type: none"> • Quelle est la disponibilité du phosphore ? • Quel est l'équivalent engrais d'un PRO ? • Quel est l'effet sur le rendement des plantes ? 		
Porteurs de la question	agriculteurs, chambre d'agriculture, missions boue, prestataires de suivi agronomique		
Buts et objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Améliorer le raisonnement de la fertilisation intégrant des PRO, de façon à envisager une substitution au moins partielle des engrais minéraux de synthèse par les PRO. • Confirmer les chiffres ou ratios utilisés actuellement. • Estimer la valeur économique des PRO. • Connaître la composition locale des PRO. 		
Pertinence, urgence et intensité	<ul style="list-style-type: none"> • Forte intensité des questions chez les enquêtés • Changement d'attitude des utilisateurs vis-à-vis des matières organiques et de la fertilisation chimique des sols. • Dans les zones qui couplent pression d'épandage élevée et enjeux de qualité de l'eau, il est important d'apporter des réponses rapidement pour aboutir à l'utilisation plus appropriée des PRO. 	<p>cas du phosphore</p> <ul style="list-style-type: none"> • engrais chimiques de synthèse de plus en plus cher • engrais chimiques de synthèse souvent chargés en ETM (Cadmium) 	
Autres intérêts	Qualité de l'eau	Améliorer l'utilisation des PRO pour viser une amélioration de la qualité de l'eau vis-à-vis des nitrates.	
	Indépendance / Autonomie	Améliorer l'utilisation des PRO pour viser une économie de consommation d'engrais chimique de synthèse	
		Améliorer l'utilisation des PRO pour viser une économie financière via la substitution.	
Recherche et action			
Pistes de réponses par la recherche et limites éventuelles	Base de données sur la composition des effluents d'élevage produits en Alsace et des PRO non-agricoles	qui	Base de données
		qui	Chambre d'Agriculture, SMRA68, SADEF©
		comment	Analyses de la Chambre d'Agriculture, partenariat avec la SADEF (fournit les résultats des effluents analysés).
		avantages	Données locales. Données mises à jour régulièrement. Analyses des PRO non-agricoles systématiquement vérifiées.
	limites	Absence de certains PRO d'origine agricole. Manque de répétition pour certains PRO. Peu de communication sur l'outil avec le terrain. Pas de renseignements sur l'exploitation agricole ou la structure (type de litière, etc.), manque de précision sur le type de PRO (par exemple entre un fumier mou et un fumier pailleux)	
	Campagne de communication	qui	Supports de communication sur la valeur agronomique des PRO
qui		SMRA68	

	comment	Campagne d'information Tabou(e)story présentant la valeur azotée, phosphatée, potassique des PRO non-agricoles. (voir Figure 26)
	avantages	Support à destination des agriculteurs.
	limites	Pas de synthèse globale de ces supports.
Essais locaux sur l'effet azoté de PRO (disponibilité et arrières-effets)	quoi	Résultats d'essais simplifiés annuels et pluriannuels sur l'effet azoté de PRO agricoles
	qui	ARAA, Chambre d'Agriculture
	comment	Témoin zéro azote sur différents types de sol alsaciens et sur les PRO d'origine agricole les plus courants (généralement sur maïs)
	avantages	Véritable expertise des organismes. Grand nombre de données. Etude d'une multiplicité de cas locaux (culture, sol, climat).
	limites	Absence de synthèse des résultats. Remise en cause du travail régional par la réglementation nationale (Directive Nitrates basée sur le calcul du COMIFER)
	quoi	Résultats sur l'effet azoté de PRO non agricoles obtenus par des essais scientifiques.
	qui	ARAA, SMRA68, INRA
	comment	Essais d'Ensisheim et de Bergheim (boues déshydratées et chaulées, boues déshydratées, boues cellulosiques, boues agro-alimentaires). Essai de Colmar (compost de la fraction fermentescible des ordures ménagères, fumier pailleux, fumier composté, boue, boue compostée). Essai PRO'spective de Colmar. Essais sur les boues cellulosiques.
	avantages	essais locaux de moyenne et longue durées
	limites	Variabilité très forte des effets. Temps de réponses longs. Puissance des tests faibles. Peu de communication des résultats ou manque de pertinence de la communication. Seulement trois types de sol étudiés.
Indicateurs analytiques de potentiel	quoi	norme XP U 44-163
	qui	INRA, déposé par l'AFNOR
	comment	XP U 44-163 : minéralisation potentielle de l'azote et du carbone
	avantages	Protocoles d'analyses établis et normalisés. Application possible pour un grand nombre de PRO. Déjà utilisés par les prestataires de suivi agronomique dans le cadre de la mise en application de la norme NF U 44-095 (compost de boues)

	limites	Délais de 3 mois pour XP U 44-163. Ne prédit pas toujours le comportement au champ de manière fiable.
Synthèse de l'effet azoté pour les PRO alsaciens	quoi	Grille sur les effets azotés des PRO
	qui	SMRA68 et Mission Boue 67 (Chambre d'agriculture)
	comment	Travail de synthèse réalisé sur base des résultats d'expérimentations. Références sur l'effet azoté suite à un épandage, et suite à 3 épandages successifs (effet cumulé).
	avantages	Principaux PRO non-agricoles alsaciens étudiés. Forme de présentation des résultats très simple (grille).
	limites	Tous les PRO disponibles n'ont pas été étudiés. Le travail n'a pas été valorisé auprès des prestataires.
	remarque	Le même travail est en cours d'élaboration pour ce qui concerne les effluents d'élevage (ARAA, Chambre)
Outil d'aide à la décision pour raisonner la fertilisation azotée	quoi	AZOFERT®
	qui	réalisé par RMT Fertilisation et environnement, distribué par Sonéo
	comment	Outil d'aide à la décision pour le raisonnement de la fertilisation azotée, qui modélise la minéralisation de façon dynamique (jours normalisés)
	avantages	Cohérence avec les travaux du COMIFER (et la réglementation). Outil dynamique. Prise en compte des arrières-effets cumulés (à travers l'augmentation du taux de matière organique du sol).
	limites	Pas de lien avec l'indicateur de potentiel. Paramétrage des conditions alsaciennes à intégrer à l'outil.
	remarque	La BDD réalisée par le Réseau PRO servira à paramétrer les outils.
Dosage du phosphore disponible	quoi	Méthode de dosage du phosphore biodisponible.
	qui	INRA
	comment	Aucune méthode disponible ou proposée à l'heure actuelle pour le dosage du phosphore disponible dans les matrices complexes (type PRO)

	en attendant	Le taux de disponibilité du phosphore couramment utilisé pour le compost de boue est de 70% du phosphore total dosé. Méthode indirecte. Le phosphore soluble à l'eau est utilisé également.
		Le phosphore disponible dans le sol
	quoi	Méthode de dosage du phosphore biodisponible dans le sol.
	qui	INRA (Bordeaux)
	comment	Dosage isotopique du phosphore dans les sols.
	avantages	Seule technique fiable permettant de doser uniquement le phosphore biodisponible.
	limites	Coût, impossibilité à réaliser l'analyse dans les laboratoires d'analyses courants (mise en routine), protocole non-normalisé.
	travail en cours	Le travail actuellement mené par l'INRA de Bordeaux (Christian Morel) s'appuie sur des essais du SOERE PRO et du Réseau PRO (Ensisheim, Colmar, Feucherolles, pour l'étude de l'effet au champ).
Propositions d'actions	Etablir des références sur l'effet azoté (disponibilité, arrières-effets)	
	Qui et avec qui	ARAA, avec la Chambre, le SMRA68 et le Réseau PRO
	Où	au niveau national et local
	Quand/Priorité	dés maintenant, priorité élevée
	Comment	Etablir un bilan des témoins zéro azote au niveau local. Etablir un bilan des résultats sur l'effet azoté des PRO à partir de la BDD du réseau PRO.
	Pourquoi	Proposer des références d'équivalent engrais par type de PRO et d'arrières-effets par type de PRO.
	Tenir la BDD effluents d'élevage à jour et communiquer sur cette BDD et la BDD des PRO non-agricoles.	
	Qui et avec qui	Chambre, SMRA68 (l-boue)
	Où	niveau régional ou grande région
	Quand/Priorité	dés maintenant, avec une régularité de 3 à 5 ans
	Comment	Continuer le partenariat avec la SADEF [®] . Inciter les agriculteurs à analyser leurs produits. Associer des informations sur les exploitations aux analyses (renseignement de la BDD). Faire une synthèse annuelle ou pluriannuelle des résultats (à partir de l'extraction des données sur les PRO non-agricoles du progiciel l-boue).
Pourquoi	Proposer des références de composition des effluents représentatives de la réalité.	

Remarque	AERM souhaiterait connaître cette composition par aire d'alimentation de captage (AAC). Ces informations pourront être obtenues sur base de la typologie et grâce aux informations sur les exploitations des AAC.
Evaluer l'impact des facteurs majeurs influençant l'effet azoté	
Qui et avec qui	ARAA, avec la Chambre, le Réseau PRO et l'INRA
Où	Alsace, national
Quand/Priorité	Priorité moyenne
Comment	Estimer la sensibilité de la minéralisation aux facteurs. Evaluer et hiérarchiser l'impact de ces facteurs. Faire un bilan des essais témoins zéro azote. Interroger les partenaires du Réseau sur les facteurs qui leur semblent plus importants. Réaliser une enquête qualitative auprès d'agriculteurs utilisateurs pour savoir quels sont les facteurs qui jouent sur l'effet azoté des PRO.
Pourquoi	Valoriser les écosavoirs (ou savoirs empiriques) et les essais passés. Chercher de nouvelles pistes expliquant la variabilité. Expliquer la variabilité de l'effet azote (sensibilité aux facteurs). Déterminer quels peuvent être les outils de suivi des cultures les plus pertinents pour anticiper la variabilité de l'effet azote.
Remarque	Les facteurs influençant les effets azotés sont nombreux (voir Retour p. 35 Figure 27). Il n'est pas possible de prévoir <i>a priori</i> quels seront les facteurs les plus importants pour une année culturale à venir. Il n'est possible que de fournir des éléments de réponses pour interpréter les effets observés au champ.
Fournir des références sur la valeur financière des PRO	
Qui et avec qui	ARAA, avec des partenaires
Où	local ou national
Quand/Priorité	après les références sur les équivalents engrais
Comment	Réaliser des simulations de la valeur financière des PRO moyens en fonction des cours de matières fertilisantes (à adapter à chaque exploitation selon les produits utilisés)
Pourquoi	Donner une valeur financière au PRO
Communiquer les références au terrain	
Qui et avec qui	ARAA, avec le SMRA et la Chambre
Où	local
Quand/Priorité	après les bilans
Comment	Organiser des réunions avec les conseillers (Chambre et prestataires). Organiser des réunions hivernales avec les agriculteurs. Mettre en place des essais de démonstration (sensibilité aux facteurs).
Pourquoi	Transmettre les connaissances synthétisées au terrain.
Informers les acteurs sur l'intérêt de l'outil AZOFERT®	
Qui et avec qui	ARAA, avec la Chambre et le SMRA68
Où	local
Quand/Priorité	Quand l'OAD sera opérationnel pour le contexte alsacien (paramétrage du contexte pédoclimatique alsacien, paramétrage des PRO présents en Alsace)
Comment	Réunion d'information
Pourquoi	Permettre aux acteurs d'obtenir eux mêmes des réponses.

Faire évoluer les outils et indicateurs	
Qui et avec qui	ARAA, SMRA68, Chambre et laboratoires avec l'INRA
Où	local et national
Quand/Priorité	régulièrement
Comment	Faire un bilan de l'utilisation réelle et souhaitée, et des limites observées. Transférer ce bilan à l'INRA.
Pourquoi	Faire évoluer les outils (AZOFERT®, XPU44-163) selon les besoins du terrain (nouveaux PRO, fiabilité, etc.)
Communiquer auprès de l'enseignement agricole	
Qui et avec qui	Chambre, avec les lycées agricoles
Où	régional (et national)
Quand/Priorité	régulièrement
Comment	Sensibiliser les professeurs. Intervenir dans les classes.
Pourquoi	Sensibiliser les professeurs et leurs élèves (valeur azotée, facteurs influençant cette valeur).
Se tenir au courant des avancées sur le phosphore	
Qui et avec qui	ARAA, SMRA68, laboratoires avec l'INRA
Où	national
Quand/Priorité	régulièrement
Comment	Evoquer ce thème dans les réseaux nationaux.
Pourquoi	Savoir si des méthodes de dosage du phosphore biodisponible sont proposées.

Retour à la liste des fiches p. 29 des annexes

Fiche 3 : Eléments traces métalliques ETM

Besoin / Question	<ul style="list-style-type: none"> • Y-a-t'il des éléments traces métalliques dans les PRO d'origine non-agricole ? • Quels sont les risques d'accumulation d'ETM dans les sols à moyen et long termes ? • Quelle est la biodisponibilité des oligo-éléments ? • Quel est le risque de transfert d'éléments traces métalliques vers les grains ? 		
Porteurs de la question	Les agriculteurs, les organismes collecteurs		
Buts et objectifs	Savoir si les PRO d'origine non-agricole sont des sources importantes d'ETM. Evaluer le risque commercial lié à la vente de productions potentiellement contaminées. Déterminer s'il y a dégradation de la qualité des sols ou des productions agricoles par l'épandage de PRO. Déterminer les risques pour l'agroécosystème.		
Pertinence, urgence et intensité	L'urgence est relative, puisque cette préoccupation existe depuis des décennies et que le terrain a trouvé des réponses sur les bases réglementaires à fournir aux agriculteurs. Il s'agit de confirmer ces réponses. Les questions sont parfois très intenses chez des personnes n'utilisant pas de PRO non-agricoles.		
Recherche et action			
Difficultés pour répondre	Difficultés à évaluer les risques à long et très long termes. Persistance d'idées reçues chez certains collecteurs et transformateurs suite à de mauvaises pratiques passées (pollution de sol à Achères, Ile de France, dans les années 1970) ou d'accidents (explosion d'un transformateur au PCB en Alsace, en 2008).		
Pistes de réponses par la recherche et limites éventuelles	Les expérimentations locales	quoi	Résultats d'essais pluriannuels sur la qualité des sols et des cultures suite à l'épandage de PRO (Colmar, Ensisheim, Bergheim)
		qui	ARAA, SMRA68, INRA
		quand	depuis 1994 à aujourd'hui
		comment	Expérimentations de plein champ de 7 à 18 ans.
		avantages	Expérimentations locales. Reflet des pratiques réelles (doses et fréquence d'épandage). Utilisation de produits locaux. Expérimentations pluriannuelles. Qualité des données acceptables (voir Figure 28). Maximisation du risque lié au type de sol (pH faible). Etude de la résilience (Ensisheim).
		limites	Certains produits étudiés peu utilisés localement actuellement. Peu de types de sol étudiés. Résultats peu communiqués au terrain.
	Les expérimentations nationales (voire internationales)	quoi	Mutualisation d'expérimentations annuelles et pluriannuelles.
		qui	Réseau PRO, SOERE PRO
		quand	Mutualisation en cours, exploitation prévue en 2014 pour le Réseau PRO, synthèse sur l'essai de Colmar pour 2015.
		comment	Réalisation d'une BDD nationale. BDD nationale à disposition gratuite de la recherche publique (Réseau PRO).
		avantages	Multiplicité de produits et de sols étudiés. Possibilité de réaliser des analyses intéressantes. Soutien et implication forte de l'INRA.
		limites	

	limites	Pas de garantie pour l'analyse des résultats (Réseau PRO).
Communication sur les résultats	quoi	Communications écrites et orales.
	qui	SMRA68, avec INRA et ARAA
	quand	Journée technique en 2007, campagne de communication Tabou(e)story.
	comment	Organisation d'un colloque sur le "Retour au sol des produits résiduels organiques". Campagne d'information Tabou(e)story et notamment la brochure spéciale ETM.
	avantages	Bilan des expérimentations. Support écrit synthétique et clair.
	limites	Journée technique pas adressée aux agriculteurs. Support écrit pas actualisé.
Propositions d'actions	Communiquer le bilan des expérimentations locales	
	Qui et avec qui	SMRA68, avec l'ARAA, la Chambre et les prestataires
	Où	niveau local
	Quand/Priorité	dés maintenant
	Comment	Interpréter les résultats pour qu'ils soient compréhensibles par les acteurs de terrain. Communiquer les résultats par des supports écrits. Sensibiliser les conseillers de la Chambre (réunions). Informer les prestataires.
	Pourquoi	Fournir des réponses complémentaires à la réglementation. Valoriser les essais locaux.
	Acquérir des références sur le risque lié aux ETM dans le cadre d'épandage de cendres sous foyer	
	Qui et avec qui	SMRA68, Mission Boue 67
	Où	Au niveau local ou national
	Quand/Priorité	rapidement (les épandages ayant déjà commencé)
	Comment	Mettre en place des expérimentations
	Pourquoi	Obtenir des références sur l'apport d'ETM dans le sol et le transfert aux cultures.
	Acquérir des références sur plus long terme dans le cadre d'épandage de PRO	
	Qui et avec qui	SOERE PRO : INRA, SMRA68, ARAA
	Où	Au niveau local (et national)
	Quand/Priorité	en cours
	Comment	Plateforme PRO'spective de Colmar
	Pourquoi	Obtenir des références sur l'apport d'ETM dans le sol et le transfert aux cultures sur des périodes longues (supérieures à 10 ans)
	Communiquer sur le risque des ETM liés aux apports de PRO.	
	Qui et avec qui	Réseau PRO, INRA, ARAA, SMRA68, Chambre
	Où	niveau national
Quand/Priorité	dés maintenant	
Comment	Relativiser les flux d'ETM apportés par les PRO non agricoles par rapport à d'autres sources et le stock initial. Publier des articles dans la presse agricole sur le bilan des expérimentations du Réseau PRO et du SOERE PRO.	
Pourquoi	Rassurer les acteurs de la filière de recyclage et ceux qui n'en font pas partie également.	

Retour à la liste des fiches p. 29 des annexes

Fiche 4 : Effets des traitements sur la composition et les effets

Besoin / Question	<p>Compostage :</p> <p>Est-ce que le compostage permet une homogénéisation du produit par rapport aux effluents d'élevage bruts ?</p> <p>Est-ce que le risque de pollution par les nitrates est plus faible avec l'utilisation de composts que d'effluents d'élevage bruts ?</p> <p>Comment gérer le compostage des effluents d'élevage (nombre de retournements) ?</p> <p>"Adjuvants" (matières exogènes commerciales ajoutées aux PRO par exemple pour stimuler la minéralisation (microorganismes) ou limiter les odeurs (ex : zéolite))</p> <p>Est-ce que les adjuvants améliorent la disponibilité de l'azote ?</p> <p>Est-ce que les adjuvants permettent une économie financière ?</p> <p>Séparation de phase :</p> <p>quel effet de la séparation de phase sur la composition azotée du lisier ?</p> <p>Quels traitements pour améliorer la disponibilité des éléments ou atténuer les odeurs ?</p>		
Porteurs de la question	Chambre d'agriculture, coopérative agricole		
Buts et objectifs	<p>Déterminer si le compostage des effluents d'élevage peut être un levier d'action pour les zones d'élevage où la qualité de l'eau est surveillée.</p> <p>Avoir des éléments de réflexion neutres sur l'utilité des adjuvants. Savoir si les adjuvants constituent une menace concurrentielle pour la vente des engrais.</p>		
Pertinence, urgence et intensité	<p>Sur le compostage :</p> <p>Nécessité de trouver des leviers d'action pour assurer la qualité de l'eau en Alsace (vis-à-vis des nitrates). La gestion des matières organiques utilisées en agriculture est un des facteurs qui influence la qualité de l'eau.</p> <p>Urgence exprimée par les acteurs (difficulté à trouver des solutions efficaces, délais très long entre la mise en place des actions et les effets).</p> <p>Sur les adjuvants :</p> <p>L'intensité est forte, car les acteurs porteurs de cette question ressentent un manque de transparence des organismes commercialisant les adjuvants. L'évaluation du risque concurrentiel ne fait pas partie des objectifs du travail présenté ici (hors cadre de travail).</p>		
Remarque	Par analogie, ces questions peuvent se poser également sur la pyrolyse (<i>biochar</i> , ce nouveau PRO est peu évoqué à l'heure actuelle par le terrain) et la méthanisation.		
Recherche et action			
Difficultés pour répondre	Le compostage, notamment celui des effluents d'élevage, aboutit à des produits très différents. Cela dépend des intrants (lisiers avec ajout de structurants, fumier, origine de l'élevage), du processus (durée de montée en température, nombre de retournements) et des conditions de stockage (durée de stockage, lieu, etc.). De fait la multiplicité des produits rend difficile l'obtention d'une réponse fiable.		
Pistes de réponses par la recherche et limites éventuelles	Éléments de réflexion sur la gestion du compostage et son intérêt	quoi	Guide du compostage
		qui	Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace, Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomiques
		comment	Rappeler l'existence de ce document aux personnes intéressées.

		avantages	Guide simple et complet accessible à leurs conseillers.
		limites	Guide pas suffisamment synthétique pour s'adresser aux agriculteurs.
Propositions d'actions	Déterminer l'intérêt du compostage des effluents d'élevage.		
	Qui et avec qui	Chambre, avec l'AERM et l'ARAA	
	Où	Alsace	
	Quand/Priorité	Priorité moyenne	
	Comment	Déterminer si les composts d'effluents sont plus faciles d'utilisation que les effluents d'élevage bruts (homogénéité, risques). Comparer la durabilité d'un système compost à un système « effluents bruts ».	
	Pourquoi	Envisager le développement du compostage des effluents d'élevage dans les zones d'élevage.	
	Proposer des journées techniques sur le compostage		
	Qui et avec qui	Chambre d'agriculture	
	Où	Alsace	
	Quand/Priorité	en cours	
	Comment	Journée technique auprès des agriculteurs souhaitant faire du compostage	
	Pourquoi	Expliquer l'intérêt du compostage pour varier les PRO disponibles sur une exploitation avec atelier d'élevage.	
	Synthétiser l'information sur la gestion du compostage des effluents d'élevage		
	Qui et avec qui	Chambre, ARAA (avec l'Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace et l'Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomiques)	
	Où	local	
	Quand/Priorité	en cours, à réaliser régulièrement	
	Comment	Réaliser des grilles de décision sur le choix du compost et la gestion du compostage basées sur le guide du compostage. Communiquer ces grilles aux conseillers de la Chambre et aux agriculteurs-composteurs. Proposer des formations (journée à thème autour du compostage réalisée par la Chambre en septembre 2013, voir Figure 29)	
	Pourquoi	Rendre le guide du compostage plus accessible et synthétique pour les agriculteurs-composteurs. Communiquer sur les pratiques nécessaires à la production d'un compost de bonne qualité.	
	Evaluer l'effet des adjuvants ou d'autres traitements sur la disponibilité des éléments fertilisants.		
	Qui et avec qui	Chambre, entreprises commercialisant les adjuvants (+ ARAA)	
	Où	local ou national	
	Quand/Priorité	priorité faible	
	Comment	Mettre en place des essais en partenariat avec la Chambre. Evaluer l'efficacité des adjuvants et leur intérêt économique.	
Pourquoi	Obtenir des informations neutres et concrètes sur l'intérêt des adjuvants.		
Se tenir au courant des procédés de traitement des PRO limitant les émissions de GES et les odeurs			
Qui et avec qui	ARAA, Chambre, SMRA68 (auprès de leurs réseaux)		
Où	national		
Quand/Priorité	priorité faible		
Comment	Evoquer le sujet lors des rencontres réseaux. Eventuellement mettre en place une veille documentaire sur ce sujet.		

Pourquoi	Repérer les procédés intéressants et applicables au contexte alsacien.
Evaluer l'effet des adjuvants ou d'autres traitements sur les odeurs et les pertes gazeuses	
Qui et avec qui	Chambre, ARAA, autre partenaire nécessaire
Où	local ou national
Quand/Priorité	priorité faible
Comment	Mettre en place des essais. Evaluer l'efficacité des traitements sur les dégagements de GES (notamment l'ammoniac)
Pourquoi	Déterminer si ces traitements ont un intérêt environnemental (émission de GES) et social (limitation des odeurs).

Retour à la liste des fiches p. 29 des annexes

Fiche 5 : Valeur « amendement basique »

Besoin / Question	Quel est l'effet pH des boues chaulées ?		
Porteurs de la question	Certains clients de la R&D		
Buts et objectifs	Savoir si les boues chaulées constituent un amendement basique intéressant.		
Pertinence, urgence et intensité	Intensité faible.		
Recherche et action			
Pistes de réponses par la recherche et limites éventuelles	Essais d'Ensisheim et de Bergheim	qui	Résultats de l'essai d'Ensisheim (boues déshydratées et chaulées) et Bergheim boues agroalimentaire chaulées et boues cellulósiques)
		qui	ARAA, SMRA68
		comment	Essais de moyenne et longue durées.
		avantages	Essais locaux. Qualité des données très bonne pour le pH (voir Figure 30).
		limites	Pas de communication car peu de personnes intéressées. Analyses annuelles actuellement.
Propositions d'action	Réaliser des analyses intéressais (effet chaulage des PRO chaulés ou riches en CaCO₃).		
	Qui et avec qui	SMRA68, Réseau PRO	
	Où	local	
	Quand/Priorité	priorité très faible	
	Comment	Réaliser des analyses intéressais (essais locaux et essais du Réseau PRO)	
	Pourquoi	Déterminer l'efficacité du chaulage des PRO à effet amendement basique. Déterminer si l'effet chaulage des PRO chaulés est supérieur à l'effet PRO (cas des essais où un même type de PRO est utilisé brut et chaulé, par exemple Ensisheim : boues déshydratées, boues déshydratées et chaulées). Déterminer l'effet d'amendement basique selon le type de PRO et le type de sol	
	Communiquer les résultats de l'essai d'Ensisheim et de Bergheim		
	Qui et avec qui	SMRA68	
	Où	local	
	Quand/Priorité	priorité faible	
	Comment	Ecrire un document (article) sur l'effet pH des boues déshydratées chaulées et la résilience du système (acidification du sol suite à l'arrêt des épandages de boues chaulées). Publier le document dans la presse agricole spécialisée.	
	Pourquoi	Valoriser les essais locaux.	

Retour à la liste des fiches p. 29 des annexes

Fiche 6 : Valeur « amendement organique »

Besoin / Question	<p>Les questions sont peu précises et semblent confuses dans l'esprit des acteurs.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quels effets sur la stabilité structurale du sol, l'indice de battance ? • Comment définir les effets sur la matière organique (paramètres à étudier) ? <p>Qu'est-ce qui peut être attribué à la matière organique (fonction de la matière organique, paramètres à étudier) ? Quel est l'impact de la matière organique sur les propriétés du sol ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quelle est la valeur amendement organique des PRO ? • Quel est l'effet sur les microorganismes du sol et la vie microbienne ? • Quels sont les besoins en matière organique des sols alsaciens ? 		
Porteurs de la question	Chambre, mais les questions sont sous-jacentes chez beaucoup d'autres acteurs.		
Buts et objectifs	Vérifier les observations empiriques. Savoir quel est l'effet "amendement" de la matière organique		
Pertinence, urgence et intensité	Ils sont demandeurs d'information sur le rôle de la matière organique dans le sol pour mieux comprendre les effets amendants des PRO.		
Remarque	<p>L'enquête téléphonique auprès des agriculteurs a montré que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - pour les agriculteurs visant l'effet amendement organique, la matière organique du sol est perçue d'abord pour son rôle sur la structure, la stabilité et la porosité du sol (aération des sols lourds, stabilité et consistance des sols sableux) <ul style="list-style-type: none"> Fertilité physique - pour la plupart des agriculteurs, la matière organique du sol a un effet global qui est nettement visible sur les cultures (vigueur des plantes, rendement) <ul style="list-style-type: none"> Fertilité chimique (éventuellement fertilité physique et biologique), concernant la vigueur des plantes. - d'autres citent son effet sur la vie du sol <ul style="list-style-type: none"> Activité biologique des sols (parfois appelée "fertilité biologique") - quelques uns son rôle sur la rétention d'eau et l'hydrodynamisme du sol <ul style="list-style-type: none"> Fertilité physique <p>(voir Annexe 2)</p>		
Recherche et action			
<p>Deux axes de travail :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Effets des PRO sur la matière organique du sol (taux, qualité, etc.), qui sont et doivent être étudiés par la recherche ▶ Effets de la matière organique sur le sol et rôle dans l'écosystème (connaissances théoriques à diffuser par la formation), travail nécessaire et préalable à la diffusion des connaissances qui seront acquises par la recherche 			
Pistes de réponses par la recherche et limites éventuelles	Stabilité structurale du carbone organique apporté par les PRO	qui	norme XP U 44-162
		qui	INRA, déposé à l'AFNOR
		comment	XP U 44-162 : détermination de l'Indice de Stabilité de la Matière Organique (ISMO) par fractionnement de la matière organique du produit (cellulose, hémicellulose, lignine, fraction soluble et fraction minérale), donne la fraction organique stable dans le produit (potentiel d'humification).
		avantages	Protocoles d'analyses déjà établis et normalisés. Application possible pour un grand nombre de PRO.

	limites	Manque de fiabilité de XP U 44-162 pour certains produits Ne prédit pas le comportement au champ de manière fiable (qui dépend d'autres paramètres supplémentaires). Variabilité des résultats très importante même pour un "PRO type"
		=> doit être affiné, au cours d'un travail important de recherche et développement et de liens entre effets observés au champ et tests de laboratoire
Etudier la qualité de la matière organique d'un sol agricole	qui	Analyses de sols en laboratoire ou analyses de terrain
	qui	laboratoires locaux
	comment	Analyse granulométrique de la matière organique d'un sol (fractionnement granulométrique, chaque fraction est étudiée : qualité, quantité, etc.). Diagnostiquer la matière organique d'un sol agricole (méthode Hérody-BRDA).
	avantages	Formation des conseillers (chambre) en cours.
	limites	L'interprétation des résultats et le diagnostic nécessitent des connaissances expertes et de l'expérience.
Etudier l'évolution de la matière organique dans un système de culture	qui	Simeos-AMG
	qui	AgroTransfert Picardie
	comment	Modéliser l'évolution du taux de matière organique (carbone organique) à partir des pratiques agricoles.
	avantages	Permet d'anticiper l'effet des pratiques culturales sur l'état organique du sol. Est basé sur l'ISMO.
	limites	N'intègre pas encore l'ISMO (difficulté à rendre compte de l'effet du PRO à l'heure actuelle). Nécessite d'avoir un bon paramétrage du contexte pédologique alsacien. Ne suffit pas à prendre des décisions sur les choix de gestion de la matière organique (apport des PRO, gestion des résidus), doit être complété par un suivi régulier sur le terrain.
Connaître les besoins en matière organique des sols	qui	Projet ABC'Terre
	qui	RMT Sols et territoire
	comment	Sur base de l'outil Simeos-AMG et de la spatialisation des systèmes de culture, modélisation sur un système d'information géographique du statut organique des sols.
	avantages	Permet de définir les zones en déficit potentiel de matière organique et les zones en excès de matière organique. Permet d'anticiper les variations des taux de matière organique des sols avec l'évolution des pratiques.
	limites	Ne tient pas compte de toute la diversité des systèmes de cultures d'une zone, de la composition exactes des PRO utilisés dans une zone.

		état actuel	Projet en cours, dont l'Alsace sera une région pilote.
Supports de communication et synthèses écrits		quoi	Guide de la matière organique
		qui	Chambre
		comment	Synthèse bibliographique sur le rôle de la matière organique. Présentation des produits disponibles en Alsace.
		avantages	Présente les bases : rôles et fonctions de la matière organique. Donne des pistes sur la gestion de la matière organique.
		limites	Guide réalisé à destination première des agriculteurs biologiques. Guide pas suffisamment synthétique pour certains agriculteurs.
		remarque	L'agriculture biologique travaille sur ces questions depuis longtemps, puisque les produits organiques sont les seules sources d'éléments fertilisants autorisés. Ils possèdent donc beaucoup de compétences sur ces questions.
Expérimentations		quoi	Obtenir des références en conditions réelles.
		qui	SOERE PRO et Réseau PRO
		comment	Evaluation de Bioindicateurs (projet Bioindicateur de l'ADEME) sur la plateforme de Feucherolles. Travail sur la matière organique sur ces essais (structure du sol, portance, etc.)
		avantages	Etude de la matière organique en conditions concrètes sur des systèmes de culture intégrant des PRO.
		limites	Difficultés à transférer ces connaissances aux personnes du terrain.
Propositions d'action	Evaluer et aider au paramétrage des indicateurs de laboratoire		
	Qui et avec qui	SMRA68 et ARAA, avec l'INRA, au travers des réseaux nationaux	
	Où	National	
	Quand/Priorité	Priorité haute	
	Comment	Acquérir des données sur les PRO en réalisant des tests en laboratoire	
	Pourquoi	Définir quels sont les PRO pour lesquels les tests sont à améliorer et évaluer de nouvelles méthodes d'analyse.	

Connaître les besoins en matière organique des sols à l'échelle du bassin Rhin-Meuse	
Qui et avec qui	ARAA, AERM
Où	Bassin Rhin-Meuse
Quand/Priorité	quand le projet ABC'Terre sera disponible pour l'Alsace.
Comment	A partir des connaissances pédologiques et des pratiques courantes, modéliser le taux de matière organique de sols. Repérer les zones à faible taux de matière organique et celles à fort taux de matière organique. Modéliser l'évolution des teneurs en matière organique dans le cas où les systèmes de cultures actuels perdurent (voir ci-dessus projet ABC'Terre)
Pourquoi	Alerter les utilisateurs de PRO des zones à fort taux de matière organique sur le risque d'une mauvaise utilisation.
Se tenir au courant des résultats d'essais (SOERE PRO) et transférer ces connaissances au terrain	
Qui et avec qui	ARAA, SMRA68 (via le partenariat avec l'INRA)
Où	national
Quand/Priorité	régulièrement
Comment	Parler de l'avancée des travaux et des thèses réalisées sur la matière organique et son rôle (biodiversité, etc.) avec Sabine Houot et son équipe. Proposer des restitutions auprès des conseillers et prestataires de suivi agronomique. Réactualiser le magazine Tabou(e)story qui traite des PRO et de leurs effets sur la matière organique (vers de terre, structure du sol, etc.)
Pourquoi	Valoriser des essais nationaux qui ne font pas l'objet d'essais locaux.
Créer un groupe régional de travail "Matière organique"	
Qui et avec qui	avec ARAA, Chambres régionales et départementales dont Organismes Indépendants et Mission Boues, coopératives agricoles, producteurs de produits organiques, laboratoires et services de R&D
Où	pour la région Alsace, voire le bassin Rhin-Meuse
Quand/Priorité	Important
Comment	Définir un chef de file neutre et légitime. Créer un groupe de travail regroupant tous ces acteurs. Définir les objectifs d'un projet.
Pourquoi	Regrouper tous les organismes à la même table. Impliquer les coopératives qui sont demandeuses. Porter un projet collectif. Harmoniser les discours des partenaires.
Former les agriculteurs sur l'intérêt et la gestion des PRO	
Qui et avec qui	Chambre, ARAA et SMRA68
Où	local
Quand/Priorité	Important
Comment	Journées techniques auprès des agriculteurs.
Pourquoi	Expliquer l'importance de la matière organique dans le sol et ses fonctions. Donner des conseils sur la gestion des PRO pour mieux valoriser la matière organique du sol. Faire échanger les agriculteurs entre-eux sur les techniques qu'ils utilisent pour gérer la matière organique du sol.

Retour à la liste des fiches p. 29 des annexes

Fiche 7 : Risques « Nitrates et phosphore »

Besoin / Question	<p>Méthanisation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Est-ce que l'installation de projet de méthanisation sur un territoire accroît les fuites de nitrates ? (comportement des digestats inconnus, épandages concentrés autour de l'installation) <p>Compostage</p> <ul style="list-style-type: none"> • Est-ce que le risque de pollution par les nitrates est plus faible avec l'utilisation de composts que d'effluents d'élevage bruts ? <p>Pertes d'azote et risques de pollution par les nitrates</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quelles sont les pertes d'azote par lixiviation (et voie gazeuse) ? • Quels sont les risques nitrates pour les apports de PRO en automne (avec et sans CIPAN) ? • Quels sont les risques nitrates en zones hydromorphes ? • Quels sont les risques d'eutrophisation liés à un surdosage du phosphore ? 									
Porteurs de la question	<p>Organisme garant de la qualité de l'eau Prestataires de suivi agronomique Chambre d'agriculture</p>									
Buts et objectifs	<p>Connaître les risques de lessivage associés à chaque période d'épandage en fonction des cultures, notamment les risques de pollution par type de PRO. Appréhender les risques potentiels de pollution nitrates liés au développement de la méthanisation. Disposer d'ordres de grandeurs des pertes azotées pour mieux gérer le cycle de l'azote dans l'agro-écosystème, et pouvoir estimer la valeur économique de cette perte. Prodiguer des conseils de bonnes pratiques pour l'épandage et l'enfouissement des produits organiques pour éviter les pertes gazeuses. Apporter des éléments sur le risque nitrates pour les décideurs (influence sur la réglementation)</p>									
Pertinence, urgence et intensité	<p>En ce qui concerne les nitrates, il est important de trouver des réponses rapidement (car immense réserve d'eau souterraine et difficulté plus importante à trouver des solutions). La question est une préoccupation importante chez plusieurs acteurs, et est présente chez de nombreux enquêtés. En ce qui concerne le phosphore, la question est moins prégnante (pas d'eutrophisation liée au phosphore en Alsace). D'ailleurs, la nécessité d'obtenir une réponse est plutôt faible chez l'enquêté qui évoque ce risque potentiel.</p>									
Autres intérêts	<p>Il est important de donner des éléments de réflexion et de décision aux acteurs du terrain ainsi qu'aux décideurs. En effet, en France, la majorité des nitrates présents dans les eaux sont d'origine agricole.</p>									
Remarque	<p>Pour être pertinente, la réponse sur les risques nitrates en zones hydromorphes doit être complétée par les risques d'émission de N₂O.</p>									
Recherche et action										
Difficultés pour répondre	<p>L'utilisation de produits organiques en agriculture rend plus difficile la prévision des effets et risques liés aux nitrates. En effet, le comportement de ces produits est difficile à estimer, puisqu'il varie selon le produit lui-même, le sol, la météo, le système cultural, etc.</p>									
Piste de réponses par la recherche	Estimer les risques nitrates à la parcelle	<table border="1"> <tr> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">quoi</td> <td>Syst'N (outil de modélisation)</td> </tr> <tr> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">qui</td> <td>INRA</td> </tr> <tr> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">quand</td> <td>déjà disponible, en cours de paramétrage et d'évaluation</td> </tr> <tr> <td style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">comment</td> <td>Modélisation de fuites nitrates sous le profil racinaire selon les pratiques agricoles (type de PRO, délais d'enfouissement, dose, etc.) et le sol.</td> </tr> </table>	quoi	Syst'N (outil de modélisation)	qui	INRA	quand	déjà disponible, en cours de paramétrage et d'évaluation	comment	Modélisation de fuites nitrates sous le profil racinaire selon les pratiques agricoles (type de PRO, délais d'enfouissement, dose, etc.) et le sol.
quoi	Syst'N (outil de modélisation)									
qui	INRA									
quand	déjà disponible, en cours de paramétrage et d'évaluation									
comment	Modélisation de fuites nitrates sous le profil racinaire selon les pratiques agricoles (type de PRO, délais d'enfouissement, dose, etc.) et le sol.									

	avantages	Amélioration continue de l'outil par l'INRA. Nouveaux paramétrages prévus. Ne donne pas l'information sur le transfert des nitrates entre le profil racinaire et les eaux. Paramétrage basé sur des expérimentations. Modélisation dynamique du risque (jours normalisés).
	limites	Outil en cours d'évaluation. Certains PRO ne sont pas paramétrés. Outil en cours de validation. Evaluation du risque à la parcelle (et non sur un bassin versant, une aire alimentation de captage, etc.). Paramétrage de l'outil au contexte alsacien à effectuer (réalisation par l'ARAA en 2014)
Observer la libération des nitrates dans les sols alsaciens.	quoi	Observatoire Nitrates
	qui	ARAA
	quand	en cours
	comment	Réseau bougies poreuses, modélisation avec Syst'N
	avantages	Etude de nombreux sols et systèmes de grandes cultures alsaciens.
Modélisation des mécanismes de libération et fuite de nitrates.	quoi	Plateforme PRO'spective de Colmar - Thèse : Modélisation de la dynamique de l'eau, du bromure et du nitrate dans le sol.
	qui	INRA, ARAA, SMRA68, LHyGeS, Université d'Orléans
	quand	en cours, fin de la thèse en 2015-2016
	comment	Cases et plaques lysimétriques. Paramétrage du modèle.
	avantages	Essai local. Essai de longue durée. Plusieurs types de PRO étudiés (compost de la fraction fermentescible des ordures ménagères, fumier pailleux, fumier composté, boue résiduaire du traitement des eaux, compost de boue).
	limites	Etude d'un type de sol particulier, en sol nu.
Propositions d'actions	Modéliser le risque nitrates sur territoire	
	Qui et avec qui	ARAA, appuyé par d'autres partenaires, notamment l'INRA de Rennes et Grignon
	Où	national et local
	Quand/Priorité	après avoir paramétré l'outil Syst'N pour l'Alsace (prévu en 2014)
	Comment	Paramétrer l'outil Syst'N pour le contexte pédoclimatique alsacien à partir des résultats du réseau bougies poreuses de l'ARAA. Simuler le risque nitrates (sol, pratiques, etc.) sur un territoire. Simuler l'utilisation des effluents bruts d'une part, et l'utilisation des composts de fumier d'autre part, pour pouvoir comparer le risque nitrates.
	Pourquoi	Evaluer le risque de lixiviation des nitrates pour un territoire.
	Informers les acteurs de l'existence d'outils.	
	Qui et avec qui	ARAA
	Où	Alsace
	Quand/Priorité	quand Syst'N sera paramétré pour le contexte alsacien
Comment	Informers la chambre de l'existence de Syst'N	

Pourquoi	Permettre aux acteurs d'obtenir des réponses par leurs propres moyens.
Fournir des références sur les pertes nitrates.	
Qui et avec qui	ARAA
Où	Alsace
Quand/Priorité	priorité haute
Comment	Réaliser des simulations avec Syst'N (risques en sol hydromorphes, besoins exacts de l'AERM par aire d'alimentation de captage) et fournir des références sur les nitrates à partir du réseau bougies poreuses. Communiquer ces références aux prestataires de suivi agronomique et à l'AERM.
Pourquoi	Donner des éléments de base aux conseillers agricoles pour pouvoir raisonner le risque nitrates et le quantifier globalement.
Faire le lien entre recherche et terrain	
Qui et avec qui	SMRA68, ARAA, Réseau PRO
Où	local vers national
Quand/Priorité	déjà en cours
Comment	Faire un bilan de l'utilisation de Syst'N ("observatoire bougies poreuses" en Alsace) et des besoins. Indiquer à la recherche les besoins du terrain sur le paramétrage des PRO dans Syst'N. Informer l'INRA des besoins du terrain : paramétrage du contexte alsacien (prévu) et application à un territoire (projet BAC prévu).
Pourquoi	Adapter l'outil au contexte pédoclimatique alsacien. Envisager le développement de Syst'N pour une échelle territoriale. Indiquer les paramétrages à réaliser.
Définir le comportement des nitrates dans les sols hydromorphes locaux.	
Qui et avec qui	ARAA, autres partenaires (AERM, Chambre, prestataires, SMRA68)
Où	local (ou national)
Quand/Priorité	priorité haute
Comment	Mettre en place un essai ?
Pourquoi	Connaître plus précisément les risques nitrates dans les sols hydromorphes (lien avec la réglementation : pouvoir épurateur du sol).
Prévenir des risques liés à un surdosage du phosphore	
Qui et avec qui	AERM, INRA et autres partenaires (ARAA)
Où	local
Quand/Priorité	Priorité faible (risque faible)
Comment	Expliquer aux conseillers et aux agriculteurs les conséquences environnementales et agronomiques d'une utilisation excessive de phosphore.
Pourquoi	Prévenir le risque de surdosage du phosphore. Rassurer certains organismes sur le risque de présence excessive de phosphore dans le milieu agricole.

Retour à la liste des fiches p. 29 des annexes

Fiche 8 : Polluants émergents

Besoin / Question	<p>Les polluants émergents vus par les agriculteurs sont les résidus médicamenteux, les hormones et les perturbateurs endocriniens.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quels sont les polluants émergents potentiellement présents dans les PRO ? • Y-a-t'il un possible transfert de ces molécules vers les plantes ? • Quels sont les dangers associés à ces molécules pour les cultures et les animaux (pâturage) ? • Quel est le comportement des polluants émergents dans les sols agricoles ? (mécanismes de dégradation des molécules) • Quelles sont les méthodes de dosage de ces molécules dans les matrices organiques solides et les sols ? <p>NB : uniquement sur les PRO d'origine non-agricole, c'est-à-dire que les personnes ne se posaient pas ces questions sur les effluents d'élevage ni de façon spontanée, ni quand le sujet était évoqué par l'enquêteur.</p>		
Porteurs de la question	<p>R&D. Organismes indépendants, par anticipation et parce que les agriculteurs se posent des questions, notamment sur les résidus médicamenteux. Agriculteurs, qui visent presque exclusivement les hormones et autres perturbateurs endocriniens. Prestataires (avec précautions et retenue).</p>		
Buts et objectifs	Les prestataires et la R&D pressentent une évolution future de la réglementation.		
Pertinence, urgence et intensité	Les prestataires sont intéressés par des informations, mais tiennent à ne pas alerter les utilisateurs, acheteurs de productions agricoles et consommateurs.		
Remarque	Par analogie, la question des polluants émergents se pose aussi pour les effluents d'élevage (molécules vétérinaires, notamment les résidus d'antibiotiques)		
Recherche et action			
Difficultés pour répondre	Multiplicité des molécules. Extraction des molécules sur les matrices complexes (solides, matière organique) pour les doser. Méconnaissance du comportement et des mécanismes de dégradation de ces molécules. Méconnaissance des risques liés à leur présence ou à leur interaction (effet cocktail).		
Piste de réponses par la recherche	Solutions globales	qui	Tests d'écotoxicité et de phytotoxicité
		qui	Laboratoires d'analyses.
		comment	Application des protocoles d'analyse disponibles à l'AFNOR.
		avantages	Prend en compte l'effet de toutes les molécules, y compris l'effet cocktail. Mise en œuvre plutôt rapide (2 mois).
		limites	Ne permet pas de savoir quelles sont les molécules à l'origine d'une toxicité.
Piste de réponses par la recherche	Cibler les molécules les plus pertinentes.	qui	Liste type des molécules "traceurs"
		qui	INRA
		comment	Définir quelles sont les molécules les plus préoccupantes (basé en particulier sur l'exposition : molécules actives les plus prescrites).

		avantages	Permet de réduire la liste des molécules à étudier.
		limites	Ne prend pas compte du danger entraîné par ces molécules.
Propositions d'actions	Rassurer les agriculteurs sur la maîtrise du risque global		
	Qui et avec qui	SMRA68	
	Où	local	
	Quand/Priorité	rapidement	
	Comment	Communiquer sur l'utilité des tests d'écotoxicité et de phytotoxicité.	
	Pourquoi	Montrer que le risque est globalement maîtrisé et qu'il existe des réponses aux craintes sur les risques de pollution majeurs.	
	Réaliser une veille sur les risques liés à ces molécules		
	Qui et avec qui	SMRA68, avec le Réseau PRO, l'INRA	
	Où	national	
	Quand/Priorité	Priorité moyenne	
	Comment	Veille documentaire et scientifique, participation à des réseaux nationaux (Réseau PRO, SOERE PRO)	
	Pourquoi	Savoir quelles sont les molécules potentiellement présentes selon les types de PRO. Savoir quelles sont les molécules qui présentent un danger important. Savoir quelles sont les molécules qui présentent une exposition importante.	
	Informier la recherche des préoccupations du terrain		
	Qui et avec qui	SMRA68 et ARAA, avec le Réseau PRO, l'INRA	
	Où	national	
	Quand/Priorité	Priorité haute	
	Comment	Parler des préoccupations du terrain lors des réunions.	
	Pourquoi	Orienter les recherches dans le sens des besoins du terrain.	
	Communiquer les risques.		
	Qui et avec qui	SMRA68, Réseaux nationaux	
	Où	local et national	
	Quand/Priorité	Priorité haute	
	Comment	Informier les prestataires et les laboratoires de ces résultats (danger élevé ou exposition forte)	
	Pourquoi	Fournir des réponses claires aux acteurs du terrain et de nouvelles références aux laboratoires.	
	Se tenir au courant des méthodes d'extraction proposées par la recherche et par les laboratoires d'analyses de routine.		
	Qui et avec qui	SMRA68, auprès de la recherche	
	Où	national	
Quand/Priorité	Priorité haute		
Comment	Participer aux Réseau PRO et SOERE PRO et se tenir informé auprès de SAS laboratoire et l'INRA.		
Pourquoi	Etre mis au courant rapidement de ces méthodes d'extraction, de leurs limites, leur coût, leur durée, etc.		

Retour à la liste des fiches p. 29 des annexes

Fiche 9 : Gaz à effet de serre

Besoin / Question	<ul style="list-style-type: none"> • Quelles sont les quantités de GES libérées au cours du compostage, du stockage du compost et à l'application du compost ? • Quelles sont les pertes d'azote par (lixiviation, lessivage et) voie gazeuse après l'épandage de PRO non-agricoles et agricoles ? • Quelles sont les émissions gazeuses par les effluents d'élevage (litière, stockage, épandage) ? 		
Porteurs de la question	Chambre d'agriculture (question d'anticipation). Prestataire de suivi agronomique.		
Buts et objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Etudier le cycle de vie complet du compostage pour apporter des éléments d'aide à la décision sur la pertinence du compostage des effluents d'élevage en tant que levier d'action. • Disposer d'ordres de grandeurs des pertes azotées pour mieux gérer le cycle de l'azote dans l'agro-écosystème, et pouvoir estimer la valeur économique de cette perte. • Anticiper les questions futures des consommateurs sur les émissions de GES par l'élevage. 		
Pertinence, urgence et intensité	Les personnes ayant posé la question voient ce sujet comme une anticipation des efforts qui pourraient être demandés à l'agriculture. Les décisions d'aujourd'hui doivent tenir compte des émissions de GES pour ne pas être remises en cause plus tard. Certains souhaitent savoir quelles sont les pertes pendant le recyclage (procédé de compostage ou stockage, épandage, au champ).		
Remarque	Par analogie, les émissions de GES liées aux PRO non-agricoles doivent être étudiées. La question se pose tant sur le procédé et du stockage que lors de l'épandage et suite à l'épandage.		
Recherche et action			
Difficultés pour répondre	Développement de la recherche sur les GES en cours. Investissements matériels pour l'étude des GES très importants.		
Pistes de réponses par la recherche et limites éventuelles	Mesure des émissions de GES en conditions concrètes	quoi	Résultats de la plateforme PRO'spective de Colmar.
		qui	ARAA, SMRA68, INRA
		comment	Expérimentations de plein champ pluriannuelles. Mise en place des chambres de mesure des émissions de GES par les sols épandus en PRO.
		avantages	Expérimentations locales. Représentation des pratiques réelles (doses et fréquence d'épandage). Utilisation de produits locaux. Expérimentation pluriannuelle.
		limites	Peu de types de sol étudiés. Chambre d'agriculture non-impliquée au projet. Qualité des résultats inconnue. Résultats pas disponibles avant plusieurs années.
		quoi	Plateformes du SOERE PRO équipée de chambres de mesure des émissions de GES.
		qui	SOERE PRO, INRA
		comment	Réseau d'expérimentations de plein champ pluriannuelles.
		avantages	Bénéficie de l'expertise de l'INRA. Expérimentations pluriannuelles.

	limites	Pas de communication prévue dans l'immédiat vers les chambres d'agriculture.
Etude de l'impact global d'un processus de gestion des PRO.	quoi	Analyse de cycle de vie
	qui	ADEME (groupe de travail national)
	comment	Proposition de protocoles pour l'analyse des cycles de vie des produits agricoles.
	avantages	Ne nécessite pas d'investissements lourds.
	limites	Demande une bonne connaissance sur les ACV. Pas encore disponible.
Estimation des émissions par modélisation	quoi	Outil de modélisation des pertes gazeuses azotées Syst'N
	qui	RMT Fertilisation et Environnement ou INRA
	comment	Réseau d'expérimentations de plein champ pluriannuelles.
	avantages	Ne nécessite pas d'investissements lourds.
	limites	Evaluation de l'outil en cours (non-disponible). Pas de paramétrage pour certains PRO (notamment les digestats de méthanisation).
Propositions d'actions	Informez la recherche sur l'intérêt des acteurs du terrain d'obtenir des références sur les émissions de GES liées à l'utilisation des PRO en agriculture (et aux techniques culturales)	
	Qui et avec qui	ARAA, avec l'INRA, l'ADEME, SMRA68
	Où	national
	Quand/Priorité	Priorité moyenne
	Comment	Informez l'INRA de la nécessité de paramétrer certains PRO dans l'outil Syst'N. Informez l'INRA et ses partenaires de la nécessité d'acquies des références sur les émissions selon l'utilisation des PRO et les techniques culturales (méthode de travail, enfouissement) et pour paramétrer l'outil Syst'N.
	Pourquoi	Obtenir des références sur les émissions de GES.
		Se tenir au courant des résultats d'expérimentations nationales.
	Qui et avec qui	SMRA68 et ARAA, avec l'INRA et les réseaux
	Où	national
	Quand/Priorité	Priorité moyenne
	Comment	Participer aux réunions des réseaux et aborder le sujet avec les partenaires.
	Pourquoi	Savoir à quel stade sont les recherches sur les émissions de GES.

Se tenir au courant des méthodes limitant les émissions de GES (traitements, méthodes d'épandage).	
Qui et avec qui	SMRA68 et ARAA, avec l'INRA et les réseaux
Où	national et international
Quand/Priorité	Priorité moyenne
Comment	Participer aux réunions des réseaux et aborder le sujet avec les partenaires.
Pourquoi	Pouvoir proposer des solutions à l'agriculture si les politiques environnementales imposent des efforts importants au secteur agricole quant aux émissions de GES.
Informier régulièrement des avancées de la recherche sur les GES et des outils disponibles.	
Qui et avec qui	ARAA, avec la Chambre ; SMRA68, avec les prestataires.
Où	national
Quand/Priorité	Priorité moyenne
Comment	Participer aux réunions des réseaux et aborder le sujet avec les partenaires.
Pourquoi	Savoir à quel stade sont les recherches sur les émissions de GES.

NB : Dans cette partie les émissions de N₂O en condition d'hydromorphie élevée n'ont pas été évoquées mais nécessitent d'être étudiées (conditions favorables à la dénitrification).

Retour à la liste des fiches p. 29 des annexes

Fiche 10 : Autres services rendus par les PRO

Besoin / Question	<ul style="list-style-type: none"> • Quels effets sur la biodiversité fonctionnelle du sol ? • Quels effets sur la diversité microbienne et son activité ? • Quel est la quantité de carbone potentiellement stockable ? 		
Porteurs de la question	ARAA, Mission Boue, Chambre d'Agriculture		
Buts et objectifs	<p>Connaître les intérêts du recyclage en agriculture des PRO dans la lutte contre le changement climatique (libération de GES et stockage de carbone organique en y intégrant les processus de traitement des PRO en amont de l'épandage) et affirmer le rôle de l'agriculture comme acteur capital dans la lutte contre le changement climatique.</p> <p>Connaître les effets des PRO sur l'abondance, la diversité et l'activité des microorganismes et de la micro méso et macro faune du sol.</p>		
Pertinence, urgence et intensité	Questions d'anticipation. Les autres services rendus par les PRO peuvent être des services à la société et/ou à l'agriculture.		
Recherche et action			
Difficultés pour répondre	Généralement, il s'agit de sujets récents ou vastes pour lesquels la recherche et le terrain ont parfois du mal à échanger (pas ou peu de références communes).		
Pistes de réponses par la recherche et limites éventuelles	Modéliser le stockage du carbone.	quoi	Simeos-AMG
		qui	AgroTransfert
		comment	Outil de modélisation du taux de carbone organique dans le sol à partir du renseignement de l'itinéraire technique, du type de sol et du contexte climatique.
		avantages	Facile d'utilisation. Déjà disponible pour les conseillers agricoles et les agriculteurs
		limites	Modélisation à l'échelle de la parcelle. N'intègre pas l'amont de l'épandage (émission de CO ₂ par le système cultural et traitement et stockage des PRO)
		quoi	Projet ABC'Terre
		qui	RMT Sols et territoires, ARAA.
		comment	Modélisation spatiale du stockage de carbone avec l'outil Simeos-AMG à l'état actuel et simulation des changements de système de culture.
		avantages	L'Alsace est une région pilote.
		limites	Projet en cours
	Mesurer l'effet	quoi	Réseau d'expérimentations.
		qui	SOERE PRO

	au champ sur la biodiversité.	comment	Mesures des bioindicateurs et d'autres indicateurs de biodiversité (prélèvements, analyses, etc.)	
		avantages	Mesures en conditions concrètes.	
		limites	Les résultats ne sont pas encore communiqués aux acteurs du terrain.	
	Mesurer l'effet au champ de l'augmentation du taux de matière organique sur la biodiversité fonctionnelle.	quoi	Réseaux nationaux	
		qui	SOERE PRO, Réseau PRO	
		comment	Bilan des résultats d'expérimentations.	
		avantages	Conditions concrètes.	
		limites	Les résultats ne sont pas communiqués régulièrement aux acteurs du terrain.	
	Propositions d'actions	Utiliser l'outil Simeos-AMG		
		Qui et avec qui	Chambre, ARAA	
Où		local		
Quand/Priorité		(formation des conseillers déjà réalisée)		
Comment		Utiliser l'outil pour obtenir des réponses à des questions (système de culture). Simuler les changements de pratique. Etudier l'effet des changements de pratique avant de décider des changements globaux (ex : simuler l'exportation des résidus de culture et des cultures intermédiaires)		
Pourquoi		Fournir un outil de base de l'évaluation de la matière organique dans le sol.		
Remarque		lien fort avec les GES (analyses du cycle de vie), notamment pour le stockage du carbone.		
Se tenir au courant de l'évaluation des bioindicateurs				
Qui et avec qui		SMRA68, avec l'ARAA, les autres Organisme indépendant (Chambres d'agriculture) et l'ADEME		
Où		national		
Quand/Priorité		Priorité moyenne		
Comment		Se renseigner régulièrement auprès de l'INRA et de l'ADEME sur l'avancée du projet Bioindicateurs.		
Pourquoi		Savoir quels sont les paramètres qui pourront être étudiés pour estimer l'effet des PRO sur la biodiversité.		
Connaître les effets sur la biodiversité déjà observés suite à l'utilisation de PRO				
Qui et avec qui		ARAA		
Où		local		
Quand/Priorité		Priorité faible		
Comment	Réaliser une enquête auprès des agriculteurs-utilisateurs de PRO ou de leurs conseillers sur les effets qu'ils ont pu observer.			
Pourquoi	Valoriser les écosavoirs (savoirs empiriques) des agriculteurs. Savoir quels sont les aspects importants de la biodiversité pour les agriculteurs. Avoir de nouvelles bases de travail pour la recherche.			

Retour à la liste des fiches p. 29 des annexes

Fiche 11 : Gestion globale des PRO

Besoin / Question	<ul style="list-style-type: none"> • Quels sont les risques (risques nitrates, risques de tassement du sol, etc.) et les bénéfiques (meilleure valorisation de l'azote, etc.) associés à chaque période d'épandage ? • Quelles sont les meilleures stratégies d'épandage pour un sol et un besoin donné ? en tenant compte du climat, de la culture implantée (ou de la rotation), du travail du sol, (de la date de travail du sol), de la couverture du sol, (de la date d'apport), è proposer un PRO adéquat et une dose (ainsi qu'une date d'apport et de travail du sol) • Quel est le coût de modification d'un système d'exploitation évoluant vers l'utilisation de PRO non-agricoles ? 		
Porteurs de la question	Prestataires de suivi agronomique des PRO non-agricoles, Missions Boues		
Buts et objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Disposer de règles universelles et d'outils pour accélérer l'aide à la décision et le conseil auprès des agriculteurs. • Connaître les éléments pour mener une analyse coût / bénéfiques / risques liés pour chaque pratique d'épandage. 		
Pertinence, urgence et intensité	Intensité très variable suivant les acteurs. Demande très pertinente, qui vise à l'optimisation de l'utilisation des PRO sur le territoire. Urgence relative, puisque l'absence de réponses n'empêche pas l'utilisation.		
Remarque	Ces questions sont liées à d'autres besoins et interrogations abordées dans d'autres fiches, notamment : typologie, valeur "engrais", valeur "amendement organique", risques nitrates et phosphore.		
Recherche et action			
Difficultés pour répondre	Prendre en compte tous les cas de figure. Difficulté à gérer la variabilité.		
Pistes de réponses par la recherche	Bénéfices associés à chaque PRO et période d'épandage	<p>Se référer aux fiches suivantes :</p> <p>Typologies, Valeur "engrais", Valeur "amendement organique"</p>	
	Risques associés à chaque PRO et période d'épandage	<p>Se référer aux fiches suivantes :</p> <p>Risques nitrates, GES (ainsi que ETM et polluants émergents)</p> <p>Ici ne sont pas étudiés les risques de tassement du sol (phénomène connu).</p>	
	Evaluer la substitution totale sur des critères de durabilité des systèmes cultureux.	qui	Réaliser des simulations à partir des données acquises sur un essai.
		qui	SOERE PRO (PRO'spective)
		comment	Acquérir des données agronomiques à partir de l'essai. Utiliser ces données pour évaluer la durabilité du système cultural. Réaliser des simulations pour décliner différents systèmes cultureux.
avantages		Conditions concrètes. Etude globale du système cultural (durabilité). Essai non mono-factoriel, plus proche des préoccupations des agriculteurs.	
limites	Demande quelques années avant d'obtenir suffisamment de données pour réaliser des simulations.		

		qui	Inventaire des PRO disponibles dans le Bas-Rhin.	
	Inventaire des ressources et des besoins en matière organique du Bas-Rhin	qui	Mission Boue de la Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin	
		avantages	Bilan de tous les produits sources de matière organique sur le territoire. Bilan des besoins en matière organique sur ce même territoire.	
		limites	Etude basée sur le Bas-Rhin uniquement. N'aborde pas l'épandage et le choix du PRO.	
Propositions d'actions	Créer un groupe de travail "Matière organique"			
	Qui et avec qui	avec ARAA, Chambres régionales et départementales dont Organismes Indépendants et Mission Boues, ADEME, coopératives agricoles, producteurs de produits organiques, AERM		
	Où	à l'échelle du bassin ou pour la région Alsace.		
	Quand/Priorité	Important		
	Comment	Définir un chef de file neutre et légitime. Créer un groupe de travail regroupant tous ces acteurs. Définir les objectifs d'un projet (par exemple un guide des matières organiques tel qu'il a été réalisé dans d'autres régions : Languedoc-Roussillon, Nord-Pas-de-Calais, etc., voir Figure 31)		
	Pourquoi	Regrouper tous les organismes à la même table. Impliquer les coopératives qui sont demandeuses. Porter un projet collectif.		
	Définir des stratégies d'épandage en présentant les risques et les bénéfices associés.			
	Qui et avec qui	le groupe de travail "Matière Organique"		
	Où	à l'échelle du bassin ou pour la région Alsace.		
	Quand/Priorité	Important		
	Comment	Réaliser un guide de la matière organique. Synthétiser sous forme de grilles d'aide à la décision pour le choix des produits organiques.		
	Pourquoi	Diffuser un même discours à l'ensemble des agriculteurs. Donner des éléments d'aide à la décision pour les agriculteurs qui souhaitent ou qui utilisent des produits organiques.		
	Faire des simulations économiques			
	Qui et avec qui	ARAA, avec des partenaires (Réseau PRO ?)		
	Où	local (éventuellement national)		
	Quand/Priorité	rapidement		
Comment	Définir la valeur économique "engrais" des PRO (à l'aide de l'équivalent NPK). Simuler l'utilisation de PRO en substitution des engrais minéraux de synthèse en terme économique.			
Pourquoi	Donner des éléments de réflexion financiers et économiques aux agriculteurs.			

Ces questions nécessitent un raisonnement global sur :
la valeur agronomique
l'intérêt économique
l'impact environnemental

Retour à la liste des fiches p. 29 des annexes

Annexe 11 : Plan d'actions à l'attention du SMRA68

Description du projet	Indicateurs	Sources de vérification	Hypothèses
<ul style="list-style-type: none"> Assurer la pérennité de la filière de recyclage agricole et soutenir son développement. Participer à la qualité de l'eau et des sols. 	<ul style="list-style-type: none"> De nouveaux PR(O) entrent dans la filière. Les surfaces recevant ou potentiellement des PRO augmentent. Le taux général de matière organique des sols agricoles augmente ou au moins se stabilise. La qualité de l'eau de la nappe rhénane s'améliore. 	<ul style="list-style-type: none"> Nombre de PRO utilisés (ARAA, SMRA68, Chambre d'Alsace, tous les ans). Nombre d'agriculteurs utilisant des PRO (ARAA) Part des surfaces épandables recevant des PRO (ARAA) Nombre de prélèvements dans la nappe rhénane pour lesquels la concentration en nitrates est supérieur à 50 mg/L (APRONA) 	
<p>Les agriculteurs et les prescripteurs trouvent des réponses aux questions qu'ils se posent sur les effets des PRO.</p> <p>Les prescripteurs et les agriculteurs ont toutes les informations nécessaires sur les effets des PRO pour décider de l'utilisation et de la façon d'utiliser les PRO.</p>	<ul style="list-style-type: none"> La demande de PRO augmente. Le nombre d'agriculteurs utilisant les PRO selon les bonnes pratiques d'usage augmente. Les agriculteurs et leurs conseillers se posent moins de questions ou les questions portent sur de nouveaux sujets. 	<ul style="list-style-type: none"> Nombre d'hectares mis à disposition. (annuel, SMRA68) ou Nombre d'agriculteurs inscrits sur des plans d'épandage (annuel SMRA68) Nombre d'agriculteurs ayant réalisé une utilisation excessive ou non-appropriée de PRO (pluriannuel, ARAA, évaluation des programmes type FertiMieux, etc.) Nombre d'agriculteurs intégrant l'apport de PRO dans le raisonnement de la fertilisation. (ARAA, pluriannuel) 	<ul style="list-style-type: none"> Les informations sur les PRO facilitent l'utilisation, l'intégration des PRO dans les systèmes d'exploitations et améliorent leur utilisation. La réglementation (nationale et européenne) et les acteurs politiques restent favorables au recyclage des PRO. Les agriculteurs sont favorables à l'utilisation des PRO. Des PRO potentiellement recyclable sont produits sur le territoire alsacien.

Axes d'action	Exemple de propositions d'actions	Hypothèses sur les axes
Synthétiser les informations existantes à travers des travaux nationaux et régionaux et les traduire ou les rendre utilisables pour le terrain	<ul style="list-style-type: none"> • Typologie (travail au sein du Réseau PRO + travail régional pour la transposition) • Indicateurs XP U 44 notamment valeurs guides (Réseau PRO) • Bilan sur l'effet azote et sa variabilité (travail régional, Réseau PRO, acteurs du terrain), en déduire des références • Bases de données à compléter, exploiter et mieux valoriser • Simulations économiques • Risques et bénéfices liés à chaque pratique épandage 	Les données permettent de mettre en évidence des informations fiables.
Créer des synergies entre les acteurs	<ul style="list-style-type: none"> • Création d'un groupe régional de travail autour de la matière organique, autour d'un projet commun sur les PRO • Organisation de journées techniques avec les conseillers agricoles (thématiques visées : valeur engrais, matière organique, gaz à effet de serre, molécules émergentes) • Organisation de réunions d'agriculteurs (sensibilisation, discussions informelles autour des sujets qui les intéressent), avec la Chambre 	La meilleure cohérence de la filière de recyclage agricole permet aux acteurs du terrain une meilleure lisibilité de la filière et de créer des synergies dans la communication, la recherche et surtout la meilleure circulation de l'information.
Rapprocher les chercheurs des préoccupations des acteurs du terrain	<p>Communiquer à la recherche les besoins suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestion et intégration des nouveaux PR(O) dans la filière (étude des potentiels, de l'innocuité et des risques, pratiques d'épandage, etc.) • Amélioration des indicateurs de laboratoires XP U 44 à partir du bilan des difficultés rencontrées par le terrain • Nouveaux sujets : molécules émergentes, gaz à effet de serre 	Les questions des acteurs du terrain peuvent entraîner des travaux sur les indicateurs, les outils de modélisation ou des expérimentations. Les thèmes abordés sont intéressants pour la recherche et permettent d'obtenir des financements.
Communiquer les résultats de la recherche nationale et locale.	<ul style="list-style-type: none"> • Transmettre des valeurs guides : indicateurs XP U 44, valeur engrais (grilles synthétiques), valeur économique • Sensibilisation sur la typologie (intérêt, utilisation) • Sensibilisation autour de la matière organique (rôles et fonctions, gestion) • Sensibilisation sur la valeur engrais de l'enseignement agricole • Rassurer sur le risque ETM (synthèse Réseau PRO, réédition des documents ETM, voire communication orale) • Rassurer les agriculteurs sur l'existence de tests globaux (éco et phyto toxicité) • Présentation des outils d'aide à la décision (AZOFERT®, Syst'N, Simeos-AMG) • Journée technique en 2015-2016 : résultats de l'Expertise Scientifique Collective sur les matières fertilisantes d'origine résiduaire, résultats du Réseau PRO, premiers résultats sur la plateforme PRO'spective. 	Les outils de communication utilisés sont efficaces auprès des acteurs du terrain. Les acteurs du terrain sont intéressés par ces informations.

Axes d'action	Exemple de propositions d'actions	Hypothèses sur les axes
Se tenir au courant des avancées de la recherche	<ul style="list-style-type: none"> • SOERE PRO et Réseau PRO (phosphore, indicateurs d'analyses du potentiel agronomique, biodiversité, gaz à effet de serre, molécules émergentes dont méthodes d'extraction, bioindicateurs) • ASTEE et autres réseaux d'informations (molécules émergentes, analyses du cycle de vie, etc.) 	Les réseaux nationaux perdurent.
Créer de nouvelles informations scientifiques sur les PRO et soutenir la recherche	<ul style="list-style-type: none"> • PRO'spective <ul style="list-style-type: none"> ○ Continuer l'acquisition d'informations sur les ETM : sur une longue durée, avec des nouveaux PR(O) ○ Acquérir des références sur les émissions de gaz à effet de serre ○ Evaluer la durabilité et réaliser des simulations économiques • Autre : <ul style="list-style-type: none"> ○ Comportement des nitrates en sols hydromorphes ○ Influence des PRO sur la biodiversité ○ Présence et dégradation des molécules émergentes ○ Amélioration des indicateurs de laboratoire pour qu'ils représentent mieux les effets réels au champ 	La recherche a des besoins clairs. Les compétences locales et les moyens locaux permettent d'obtenir ces informations.

Retour p. 55