

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Pour l'obtention du titre d'ingénieur Agronome
Spécialisation Agriculture et développement des territoires

Description de la gestion des produits résiduaires organiques sur un territoire de la plaine haut- rhinoise, dans le but de proposer des scénarios alternatifs de gestion



Anaïs Gravier
-2019-

Enseignant référent : Frédéric Pierlot, Maître de conférences associé

Maître de Stage : Anne Schaub, chef de projets à la CRAGE service IRD

Etude réalisée à la Chambre Régionale d'agriculture Grand-Est, 2 rue de Rome,
BP 30022 Schiltigheim, 67013 STRASBOURG

École nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires
2 Avenue de la Forêt de Haye, 54505 Vandœuvre-lès-Nancy

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Pour l'obtention du titre d'ingénieur Agronome
Spécialisation Agriculture et développement des territoires

**Description de la gestion des produits résiduaux
organiques sur un territoire de la plaine haut-
rhinoise, dans le but de proposer des scénarios
alternatifs de gestion**

Présenté par Anaïs GRAVIER
Soutenu le 23 Septembre 2019

Enseignant référent : Frédéric Pierlot, Maître de conférences associé

Maître de Stage : Anne Schaub, chef de projets à la CRAGE service IRD

Etude Réalisée à la Chambre Régionale d'agriculture Grand-Est, 2 rue de Rome,
BP 30022 Schiltigheim, 67013 STRASBOURG

Remerciements

Je tiens à remercier dans un premier temps ma maîtresse de stage, Anne Schaub pour son encadrement tout au long de ces six mois de stage. Je lui suis reconnaissante pour tous les conseils qu'elle a pu m'apporter d'un point de vue théorique et technique, mais aussi pour le temps qu'elle a passé à m'aider pour la rédaction de ce rapport. Je remercie Anne pour la confiance qu'elle m'a accordée.

Je tiens à remercier tous les membres du service Innovation, Recherche et Développement de la Chambre Régionale d'agriculture Grand-est grâce dans lequel j'ai eu l'opportunité d'effectuer mon stage de fin d'étude, en particulier le chef du service, Benoît Brunsart.

Je remercie l'équipe de la CRAGE situé à Schiltigheim, Paul Van Dijk et Joëlle Sauter ainsi que Remi Koller de l'ARAA pour leurs conseils agronomiques et leur partage d'expérience.

Je tiens à remercier les membres de l'INRA : Olivier Théron, Renaud Misslin, Florent Levavasseur pour les échanges concernant l'outil MAELIA et le projet PROTERR.

Je remercie également les « experts techniques »: Nathalie Valentin (SMRA68), Claude Nilles (SMRA68), Guy Meinrad (Agrivalor), Marc Haeflinger et Aurélie Schneider (Biosite des Acacias), Kevin Mary (SM4), Claude Bernhardt (CAA), Vincent Gartiser (CAA), Christophe Gintz (CAA), Jean-François Strehler (CAA), Pierre-Robert Boedec (ADEME), Maxime Forest (Suez Organic), Philippe Caussanel (CAA), BioAGrand Est, les quatre communautés de communes du PETR RVGB, que j'ai sollicités lors de mon stage et qui ont toujours bien voulu me répondre et me recevoir.

Je tiens à remercier les agriculteurs qui ont accepté d'être enquêtés. Merci pour leur accueil et leur partage de connaissances techniques.

Je remercie toute l'équipe enseignante de la spécialité « ADT » de l'ENSAIA pour cette dernière année. Et plus particulièrement Frédéric Pierlot, mon tuteur de stage, pour les conseils et les remarques lors des différents entretiens de mi-parcours qui m'ont permis d'avancer dans mon travail.

Pour finir, je tiens à remercier les autres stagiaires, Fanny, Arthur et Adama pour les nombreuses discussions passionnantes et les moments de rigolade partagés.

Table des matières

1	Contexte et objectif de l'étude	3
1.1	En quoi les produits résiduaux organiques sont une ressource à valoriser en agriculture ? 3	
1.1.1	Que sont les produits résiduaux organiques ?.....	3
1.1.2	Les PRO présentent des intérêts agronomiques et environnementaux.....	3
1.1.3	Une réglementation exigeante et différente selon le type de PRO	7
1.2	En quoi la gestion des PRO doit être considérée à une échelle territoriale ?.....	9
1.2.1	Spécificité de chaque territoire vis-à-vis des ressources organiques.....	9
1.2.2	Un jeu d'acteur important : entre producteur, transformateur, consommateur de PRO et citoyens	11
1.3	Présentation du projet PROTERR et du territoire pilote	11
1.3.1	Le projet PROTERR :.....	11
1.3.2	Délimitation du territoire pilote : la plaine du Pays Rhin-vignoble-Grand-Ballon	13
1.3.3	Contexte pédologique et agricole du territoire d'étude.....	15
1.3.4	L'outil MAELIA.....	15
1.4	Problématique et objectif du stage	17
2	Démarche pour décrire la gestion actuelle et future des PRO sur le territoire pilote.	19
2.1	Recenser les ressources organiques du territoire: identifier l'offre en PRO et son organisation.....	19
2.1.1	Recenser les PRO d'origine non-agricole.....	19
2.1.2	Identifier les gisements des PRO d'origine agricole (=effluents d'élevage) et leurs organisations.....	21
2.2	Comprendre et formaliser la demande des PRO par les agriculteurs : comprendre les stratégies d'usage et le raisonnement de la fertilisation avec PRO	23
2.2.1	Analyser les stratégies d'usage d'un PRO auprès d'agriculteur et d'expert de terrain .	23
2.2.2	Analyse du raisonnement de l'apport d'un PRO sur parcelle : construction de règles de décision	25
2.2	Analyser l'adéquation entre besoins des cultures et l'offre en PRO.	29
2.3	Identifier des scénarios alternatifs de gestion et d'usage de PRO sur le territoire.....	31
3	Présentation des résultats.....	33
1.1.	Une diversité de PRO épandus sur le territoire mais en quantité restreinte	33
3.1.1	Une diversité de PRO épandus sur les terres agricoles du territoire pilote	33
3.1.2	Des quantités de PRO ne permettant pas de combler les besoins culturels.....	33
3.2	Des flux de PRO inter et intra territoriaux importants.....	37
3.2.1	Localisation des unités de production et de transformation	37
3.2.2	Vue d'ensemble des flux de PRO en lien avec le territoire pilote.....	39
3.3	Les stratégies d'usage des PRO liées essentiellement à la logistique et non à des choix de l'agriculteur.	41

3.3.1	Les systèmes avec élevages : valoriser en premier lieu ses propres PRO.....	41
3.3.2	Les agriculteurs utilisateurs de PRO non-producteurs (=céréaliers) soumis à l'offre de la filière PRO	43
3.4	La culture de maïs la plus grande bénéficiaire de PRO et des différences observées entre les utilisateurs de PRO d'origine agricole et non agricole en termes de raisonnement azoté.....	47
3.5	Des changements à venir pouvant modifier la filière des PRO ainsi que le comportement des agriculteurs : proposition de scénarios à venir	49
3.5.1	Développement de la filière énergie sur le territoire pilote : vers des conflits d'usage ? 49	
3.5.2	De nouveaux PRO épanchus sur le territoire	51
3.5.3	Des modifications réglementaires pouvant modifier l'organisation de la filière PRO. .	53
3.5.4	Implantation de nouvelle culture : la luzerne.....	54
4	Discussion.....	54
4.1	Limites concernant les données recensées	54
4.1.1	Les limites des données concernant l'offre en PRO	54
4.1.2	Les données concernant la destination des PRO sur une parcelle donnée parfois approximatives.....	56
4.2	Discussion sur les déterminants motivant un agriculteur à utiliser un PRO plutôt qu'un autre	58
4.3	Les variabilités de conduites non prises en compte.	58
4.4	Pertinence d'étendre le territoire pilote incluant les coteaux, les zones de montagne et autres cultures.....	60
	Conclusion.....	62
	Références bibliographique.....	63
	Annexes.....	66

Liste des figures

Figure 1: Types de Produits résiduaire selon le type de traitement. (Source: Colloque de restitution des conclusions de l'expertise scientifique collective (INRA, IRSTEA, CNRS), juillet 2014)	2
Figure 2: quantités totales de fumure organique apportées sur les sols agricoles en 2011. Source: Agreste-Enquête Pratique culturales grandes cultures et prairies 2011)	2
Figure 3: Valeurs fertilisantes et valeurs amendantes selon le type de PRO (source : Colloque de restitution des conclusions de l'expertise scientifique collective (INRA, IRSTEA, CNRS), juillet 2014) ...	4
Figure 4: Proportion de N organique et minéral selon le PRO (source : Colloque de restitution des conclusions de l'expertise scientifique collective (INRA, IRSTEA, CNRS), juillet 2014)	4
Figure 5: Procédure de retour au sol des matières organiques (source: D.Plumail et S.Ducotet, 2011). « Producteur » signifie « producteur de PRO »(et non « agriculteur »)	6
Figure 6: Représentation de la quantité de MAfor épandue sur grande culture (d'après l'expertise scientifique collective sur les MAfor 2014)	8
Figure 7: Flux de matières organiques selon le modèle UPUTUC à la Réunion (CIRAD,2014)	10
Figure 8: étapes du projet PROTERR.....	12
Figure 9: limite territoire pilote.....	12
Figure 10: principaux type de sol sur le territoire pilote.....	14
Figure 11: Répartition des cultures dans le territoire pilote (RPG 2017	14
Figure 12: Schéma de l'outil MAELIA (Source: Thérond, 2019)	16
Figure 13: surface recevant des PRO sur le territoire (n= 3 090 ha).....	32
Figure 14 : Répartition de l'azote total des PRO (en Kg/commune) épandus sur le territoire.....	34
Figure 15: localisation des unités de transformation et des unités de production ne subissant pas de transformation	36
Figure 16: localisation des élevages significatifs dans le territoire pilote en 2019	36
Figure 17: vue globale de la circulation des PRO inter et intra territorial (en tonnes de produit brut par an)	38
Figure 18: stratégies d'usage des PRO sur le territoire.....	40
Figure 19: typologie des stratégies d'usage des PRO chez les éleveurs.....	40
Figure 20: les freins à l'usage de PRO chez les céréaliers du territoire pilote (13 céréaliers enquêtés)	42
Figure 21: stratégie chez les céréaliers conduit par la logistique des prestataires et la distance	44
Figure 22: Choix de l'agriculteur non-producteur de PRO	44
Figure 23: spatialisation de scénario futur dans le territoire pilote	48

Liste des tableaux

Tableau 1: Méthode de recensement des données concernant les PRO d'origine non-agricole (=hors effluent d'élevage). (En italique les actions menées en amont).	18
Tableau 2: Méthodes de recensement des données concernant les effluents d'élevage. (En italique actions menées en amont)	20
Tableau 3: Méthode d'acquisition d'information afin de comprendre les stratégies d'usage de PRO et le raisonnement de la fertilisation avec PRO (En italique actions menées en amont).....	22
Tableau 4: Echantillonnage des céréaliers utilisateur de PRO.....	24
Tableau 5: Exemple de RDD lié à la fertilisation azoté sur un maïs de maïs sur sol profond sans PRO (Totoson, 2019)	26
Tableau 6: méthode de recensement des projets futurs du territoire	30
Tableau 7: répartition du blé et du maïs grain selon le type de sol et les objectifs de rendement.....	32
Tableau 8: Besoin culturaux globaux du territoire et apports en N P K total par les PRO (offre).....	32
Tableau 9: Apports par les PRO en N, P, K total selon les besoins culturaux au sein de la commune de Balgau.....	34
Tableau 10: Apports par les PRO en N, P, K total selon les besoins culturaux au sein de la commune d'Ensisheim.....	34
Tableau 11: typologie des stratégies d'usage des PRO chez les éleveurs.....	42
Tableau 12: règles de décisions de fertilisation sur maïs de maïs sur sol superficiel du Haut-Rhin avec apport de lisier de porc	46
Tableau 13: règle de décisions sur maïs de maïs sur sol superficiel du Haut-Rhin avec apport de compost de boue.....	46
Tableau 14: PRO présents sur le territoire avec leur dose moyenne d'épandage (t ou m3) par ha, le temps de retour et l'azote disponible qu'ils fournissent l'année de l'épandage	46

Liste des abréviations

ABC terre : Atténuation du Bilan de gaz à effet de serre et stockage de Carbone organique dans les sols agricoles à l'échelle d'un TERRitoire

ABC'TERRE 2A : Application participative et Appropriation de la démarche ABC terre à l'échelle des territoires régionaux

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

ETM : Elément Trace Métallique

IAA : Industrie Agro-Alimentaire

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

INRA : Institut national de la recherche agronomique

MAELIA : Multi-Agents for Environmental norms Impact Assessment

MAFOR : Matières Fertilisantes d'Origine Résiduaire

PETR RVGB : Pôle d'Equilibre Territorial et Rural du Pays Rhin Vignoble Grand Ballon

PRO : Produit Résiduaire Organique

PROTERR : Optimisation de l'insertion des Produits Résiduaire Organiques dans les systèmes de culture comme levier des services écosystémiques rendus par les sols à l'échelle TERRitoriale

RPG : Registre Parcellaire Graphique

RRP : Référentiel Régional Pédologique

SMRA68 : Syndicat Mixte du Recyclage Agricole du Haut-Rhin

STEU : station d'épuration urbaine

UC : Unité de consommation

UP : Unité de production

UT : Unité de transformation

Introduction

La majorité des sols cultivés en France présente, aujourd'hui, des teneurs en carbone organique inférieures à 2% ce qui signifie un sol pauvre en matière organique (Arrouays et al, 2002 ; Citeau et al, 2008). Plusieurs raisons ont contribué à cette dégradation : l'usage d'engrais minéraux depuis le milieu du XXème siècle qui a substitué les apports en matière organique sur les terres agricoles, ou encore la sectorisation des filières agricoles qui a conduit à des répartitions hétérogènes en effluents d'élevage au sein du territoire (Dhaouadi , 2014 ; Citeau et al., 2008).

Face à ce constat, un deuxième enjeu est à soulever. L'augmentation de la population urbaine conduit à une croissance des déchets ménagers. Parmi ces déchets ménagers, 33% sont des déchets organiques qui peuvent être valorisés à travers les sols agricoles après transformation (ADEME, 2016). De la même façon, les boues urbaines et des industries agroalimentaires sont des sources en matières organiques pouvant être recyclées. Cependant, cela doit se faire dans un cadre réglementaire strict afin d'éviter, par exemple, des contaminations en métaux lourds.

Les déchets organiques d'origine agricole comme les effluents d'élevage et les déchets organiques d'origine non-agricole sont appelés produits résiduaux organiques (PRO) ou encore matières fertilisantes d'origine résiduaire (MAFOR). Le recyclage de ces matières dans les sols agricoles est encouragé par les politiques publiques pour plusieurs raisons. D'un point de vue agricole ces matières permettent de fournir des éléments nutritifs et/ou permettent d'améliorer les propriétés du sol. D'un point de vue territorial, le recyclage des matières organiques d'origines urbaine et industrielle à travers les sols agricoles permet de traiter ces déchets à un coût plus faible pour les collectivités (Jarousseau et al 2016, ADEME, 2016, Joncoux, 2014).

Cela contraint les acteurs du territoire à organiser les filières de valorisation de ces produits afin d'optimiser les flux et de raisonner les apports sur les terres agricoles pour en maximiser les bénéfices et minimiser les effets négatifs. C'est pourquoi disposer de modèles qui simulent les flux de PRO à l'échelle territoriale ainsi que leurs impacts d'un point de vue économique, social et environnemental permet de faciliter l'évaluation de scénarii alternatifs (Fernandez et al, 2019). C'est dans ce contexte que le projet PROTERR (« optimisation de l'insertion des produits résiduaux organiques dans le système de culture comme levier des services écosystémiques rendus par les sols à l'échelle territoriale »), financé par l'ADEME et coordonné par l'INRA, a été conçu pour construire le modèle ad hoc. C'est au sein de ce projet que s'inscrit mon stage réalisé à la Chambre Régionale d'Agriculture Grand Est, qui doit contribuer à alimenter le modèle sur un territoire pilote, en apportant des éléments utiles pour, d'une part, simuler le fonctionnement actuel du territoire, et, d'autre part, identifier des scénarios alternatifs à simuler. La problématique de mon stage est donc la suivante :

Comment décrire la gestion des produits résiduaux organiques (PRO) du territoire pilote en termes de production, de transformation et de consommation dans le but de simuler la situation actuelle et de proposer des scénarios alternatifs à évaluer ?

Pour répondre à cette problématique, le contexte et les objectifs de l'étude seront présentés. La démarche établie sera ensuite détaillée. Enfin, les résultats obtenus seront illustrés puis discutés.

Mafor \ Traitement	Agricole		Urbaine			Industrielle
	effluents d'élevage	boues d'épuration urbaines	déchets urbains			Effluents industriels
			ordures ménagères résiduelles	biodéchets triés à la source	déchets verts	
Sans traitement	seuls	seules				seuls
Compostage → compost	seuls ou en mélange	en mélange	seules	en mélange	seuls ou en mélange	seuls ou en mélange
Digestion anaérobie (méthanisation) → digestat	seuls ou en mélange	seules	seules	seuls ou en mélange	en mélange	seuls ou en mélange
Chaulage		oui	oui			

Figure 1: Types de Produits résiduaire selon le type de traitement. (Source: Colloque de restitution des conclusions de l'expertise scientifique collective (INRA, IRSTEA, CNRS), juillet 2014)

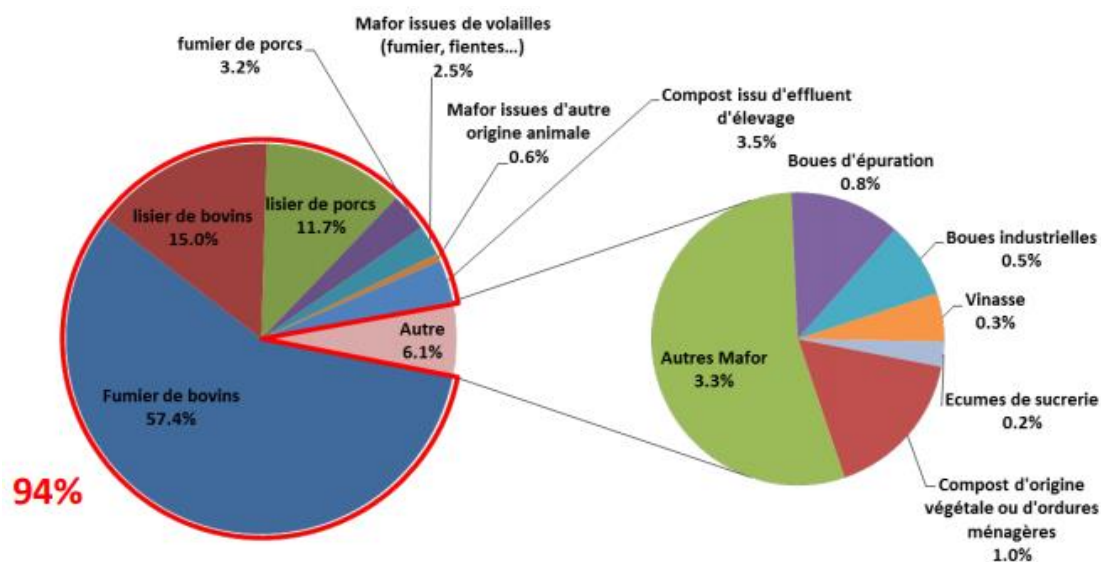


Figure 2: quantités totales de fumure organique apportées sur les sols agricoles en 2011. Source: Agreste-Enquête Pratique culturales grandes cultures et prairies 2011)

1 Contexte et objectif de l'étude

1.1 En quoi les produits résiduaire organiques sont une ressource à valoriser en agriculture ?

1.1.1 Que sont les produits résiduaire organiques ?

Les Produits résiduaire organiques peuvent être définis de la façon suivante : « ensemble des déchets et sous-produits organiques issus d'activités humaines et agricoles destinés à être épandus aux champs » (Chambre d'agriculture d'Alsace, 2015). Ainsi, il existe une large gamme de produits résiduaire organiques : ceux d'origine agricole notamment issus des différents types d'élevages (bovins, caprins, porcins, équins etc.), ceux d'origine urbaine tels que les boues de stations d'épuration des collectivités, les déchets verts, les biodéchets (déchets de table et de cuisine), et ceux d'origine industrielle comme les déchets des industries agroalimentaires (boues d'épuration, vinasse de sucrerie, effluents vitivinicoles...), ou encore des boues d'épuration issus des papeteries. La figure 1 illustre de façon synthétique les différents types de PRO, ainsi que les types de traitement qu'ils peuvent subir avant épandage. Par exemple : une boue urbaine peut être directement épandue sur des champs ou bien être en amont compostée avec des déchets verts.

Toutes ces matières peuvent potentiellement être épandues sur les champs agricoles si elles sont conformes à la réglementation s'y rapportant ; dans le cas contraire elles sont éliminées par une autre filière, l'incinération. D'après l'expertise scientifique collective sur les MAFOR en 2014, en France, 121 millions de tonnes de matière brute de produits résiduaire ont été épandues et 148 millions de tonnes de déjections animales ont été émises directement sur les pâtures. D'après la figure 2, la grande majorité des produits résiduaire organiques épandus provient à 94% des effluents d'élevage, les 6% restant sont d'origines urbaine et industrielle. (Agreste, 2011 ; Houot et al, 2014)

L'épandage de ces matières présente plusieurs intérêts (présentés dans la partie suivante 1.1.2) mais doit se faire selon une réglementation qui varie selon le type de PRO.

1.1.2 Les PRO présentent des intérêts agronomiques et environnementaux

1.1.2.1 Les intérêts agronomiques des PRO

Les produits résiduaire organiques présentent des intérêts agronomiques et environnementaux en améliorant la fertilité des sols. La fertilité des sols se traduit à plusieurs niveaux : chimique, physique et biologique (Dhaouadi, 2014). D'un point de vue chimique, les PRO apportent des éléments nutritifs pour la plante comme le N, P, K qui peuvent se substituer aux engrais minéraux et préserver ainsi des ressources fossiles. En France en 2014, 25 % de l'azote, 54% du phosphore et 71% de la potasse épandus proviennent des PRO (Houot et al, 2014). D'un point de vue physique, les PRO permettent d'alimenter les sols en matière organique, conduisant à une meilleure structuration des sols et une limitation de l'érosion et de l'imperméabilisation (Dhaouadi, 2014). Enfin, d'un point de vue biologique, l'apport de PRO permet d'alimenter par exemple la macro et microfaune du sol qui jouent un rôle important, notamment dans la minéralisation de la matière organique et la porosité des sols (Dhaouadi, 2014).

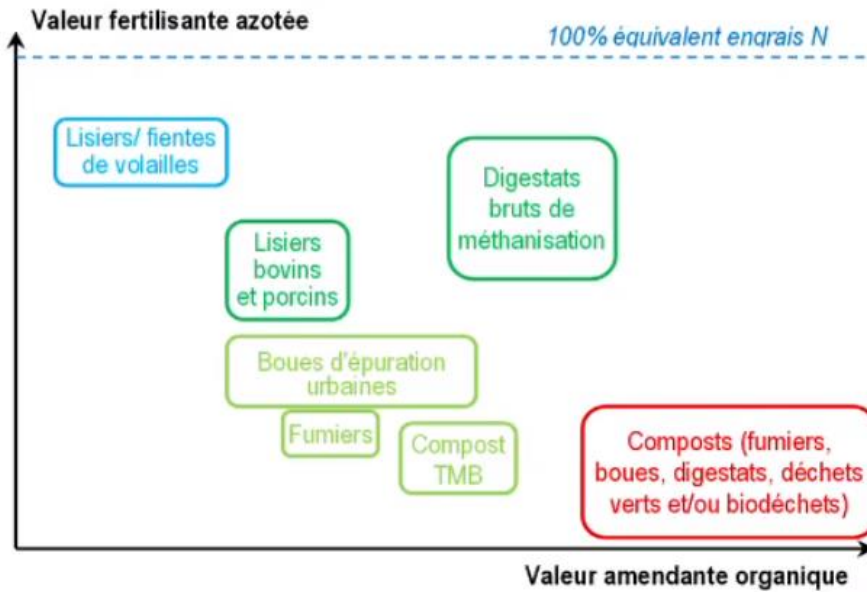


Figure 3: Valeurs fertilisantes et valeurs amendantes selon le type de PRO (source : Colloque de restitution des conclusions de l'expertise scientifique collective (INRA, IRSTEA, CNRS), juillet 2014)

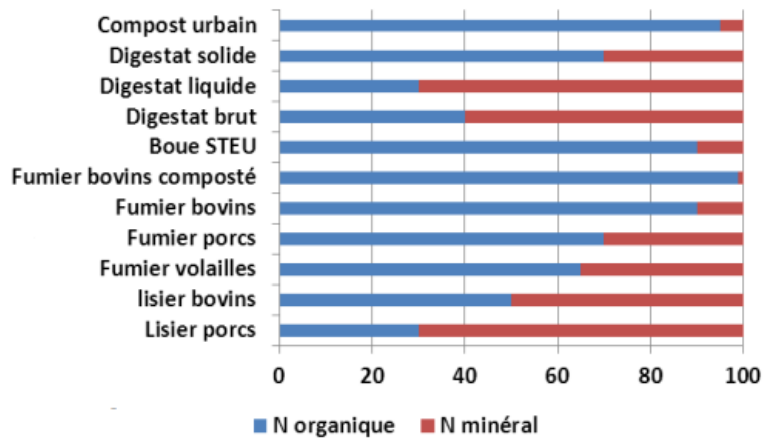


Figure 4: Proportion de N organique et minéral selon le PRO (source : Colloque de restitution des conclusions de l'expertise scientifique collective (INRA, IRSTEA, CNRS), juillet 2014)

Deux effets différents vont être apportés par les PRO : un effet fertilisant et un effet amendant. L'effet fertilisant se traduit par des produits qui apportent des éléments nutritifs qui sont essentiellement l'azote, le phosphore et la potasse. L'effet amendant, quant à lui, se traduit par la modification des propriétés du sol par l'apport de matières organiques (Dhaouadi, 2014, Houot et al. 2014, SMRA 68, 2018). Cependant, les effets varient selon les PRO. D'après la figure 3, il est intéressant de constater qu'un lisier aura un effet fertilisant azoté plus important qu'un compost. A l'inverse, un compost aura un effet amendant plus élevé qu'un lisier.

L'effet fertilisant plus ou moins important selon les PRO s'explique à travers les teneurs en N, P, K sous forme organique et minérale, ainsi qu'à la vitesse de transformation de l'azote organique en azote minéral. D'après la figure 4, un lisier a une teneur en N minéral beaucoup plus importante qu'un compost. Il a un effet fertilisant azoté à court terme plus important qu'un compost qui, lui, a une forte teneur en azote organique. Concernant le phosphore, 70 à 80% du phosphore dans un PRO est sous forme minérale ce qui est proche des engrais minéraux. Cependant, cela ne veut pas dire qu'il est disponible pour la plante. De plus, il existe certaines exceptions telles que les cendres et certaines boues où le phosphore est moins soluble donc moins disponible comparé aux engrais minéraux (Houot, 2014). Concernant la potasse contenue dans un PRO, elle est quasiment sous forme minérale (Houot, 2014).

Ainsi, le retour au sol de ces matières présente un intérêt agronomique, mais aussi sociétal.

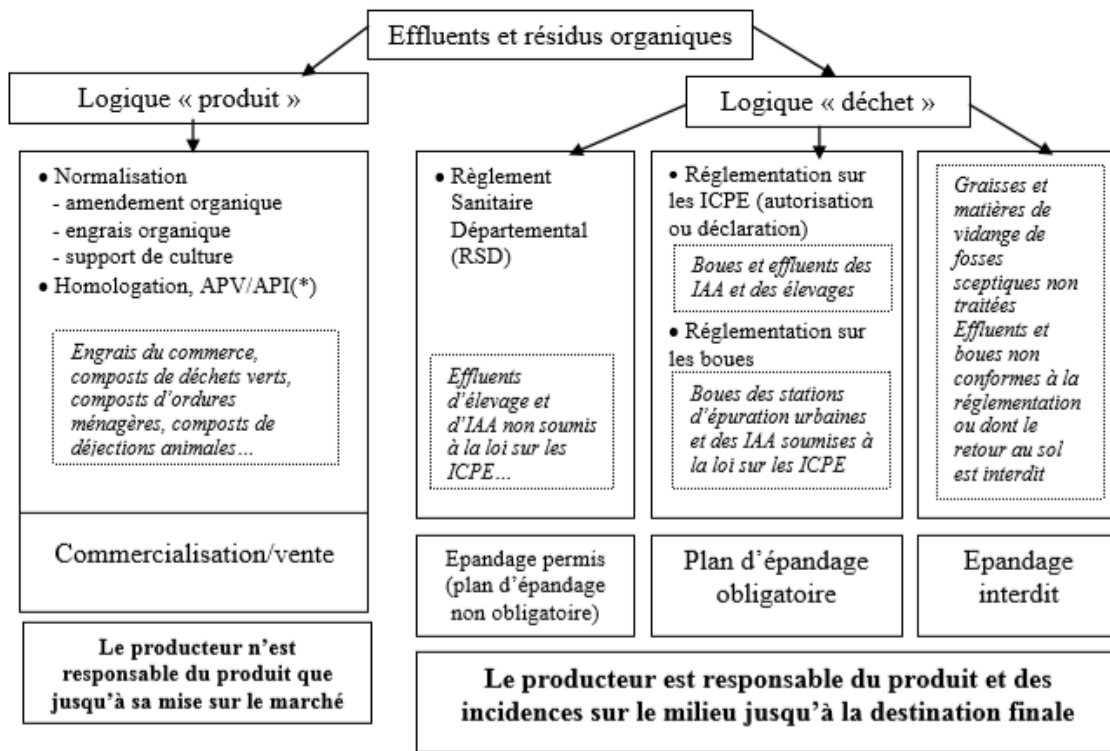
1.1.2.2 Le recyclage des PRO à travers les sols agricoles, présentant un intérêt environnemental, soutenu par les politiques publiques : vers l'économie circulaire

Selon la banque mondiale, en 2050, la population devrait atteindre 9,3 milliards d'êtres humains avec une population de plus en plus urbaine. Deux phénomènes en découlent : « une augmentation des volumes des déchets produits et une augmentation de la demande en produits agricoles » (Joncoux, 2013).

En France, le retour au sol des produits résiduaux organiques se fait surtout avec les produits organiques issus de l'agriculture en elle-même. En effet, quasiment 100% des effluents d'élevage sont restitués dans les sols agricoles (Houot et al, 2014). La part des produits résiduaux organiques d'origines urbaines et industrielles valorisée est moindre. En effet, les proportions de PRO non agricoles épandus sont (d'après l'Expertise scientifique collective sur les MAFOR, 2014) :

- 22 % des gisements de boues et effluents hors Industries Agro-Alimentaires (IAA) (dont 4% via compostage)
- 50 % des gisements de boues et effluents IAA (dont 4% via compostage)
- 73 % des boues d'épuration (dont 31% via compostage)
- 14,5 % des Déchets Ménagers Assimilés (biodéchets, déchets verts) via compostage
- 35 % des déchets industriels organiques (dont 8% via compostage)

Le reste des gisements peut être incinéré ou mis en décharge. Cette matière n'est donc pas remise dans les cycles biochimiques naturels. Pourtant, le recyclage des PRO par les sols agricoles joue un double rôle : élimination des déchets urbains qui sont de plus en plus importants et apport de matière



(*) Autorisation provisoire de vente – Autorisation provisoire d'importation

Figure 5: Procédure de retour au sol des matières organiques (source: D.Plumail et S.Ducotet, 2011). « Producteur » signifie « producteur de PRO »(et non « agriculteur »)

organique dans les sols qui se substitue à certains intrants agricoles (Chalmin et al., 2009 ; Bergeron, 2015). Ce recyclage s'inscrit donc dans une économie circulaire c'est-à-dire « un modèle économique dont l'objectif est de produire des biens et des services de manière durable, en limitant la consommation et les gaspillages de ressources (matières premières, eau, énergie) ainsi que la production des déchets » (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2018).

C'est pourquoi, les politiques publiques encouragent le recyclage de ces déchets par l'agriculture, d'autant plus que ce moyen de valorisation est le moins coûteux pour les collectivités (SMRA68, 2018). Par exemple, les orientations données par le Grenelle de l'environnement encourageaient la valorisation des déchets organiques avec « un objectif de 45% de déchets organiques urbains recyclés en 2015. » La loi n° 2015-992 relative à la « Transition énergétique pour la croissance verte » promulguée en 2015 prévoit que tous les particuliers disposent d'une solution pratique de tri à la source de leurs biodéchets (de table, de cuisine et déchets verts) avant 2024.

Même si la valorisation agricole des déchets organiques constitue une alternative intéressante à la mise en décharge ou l'incinération, elle comporte également des risques de contamination et de pollution. Par exemple certains PRO sont plus ou moins concentrés en ETM (éléments traces) et autres contaminants ou encore des risques de pertes de nitrates ou de phosphates vers les eaux, d'ammoniac vers l'air, peuvent apparaître avec un usage non maîtrisé des PRO en tant que fertilisants. L'utilisation de déchets non agricoles au sein des exploitations peut engendrer certaines réticences chez les agriculteurs (Joncoux, 2013), mais aussi des réticences chez les collectivités qui distribuent l'eau potable.

Optimiser le recyclage agricole des PRO consiste donc à gérer les PRO de façon à maximiser leurs bénéfices socio-économiques, agronomiques et environnementaux et à minimiser leurs impacts négatifs. La réglementation concernant les différents PRO et leur usage participe à cette optimisation.

1.1.3 Une réglementation exigeante et différente selon le type de PRO

Selon les PRO, la réglementation n'est pas la même. Il existe deux grandes catégories : les PRO qui ont le statut de « déchet » et les PRO qui ont le statut de « produit ». Ainsi, selon le statut, la procédure de retour au sol de ces matières est différente. La figure 5, contre illustre le cheminement des PRO selon leur statut.

- Statut « Produit »

Les PRO devenant un « produit » sont des produits définis. Ils doivent assurer ou améliorer la nutrition des plantes, ou encore les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols (Dhaouadi, 2014). Quatre principes doivent être respectés pour que les produits soient vendus :

- Les produits mis sur le marché doivent être efficaces pour l'usage prévu.
- Les produits doivent être inoffensifs pour l'homme, les animaux et l'environnement.
- Les produits doivent être stables (constance dans leur composition par rapport aux teneurs annoncées).
- Les produits doivent faire référence à un document technique officiel à travers par exemple une homologation ou une normalisation et être conformes au cahier des charges correspondant. La norme NFU 44-051 concerne les composts conçus à partir de végétaux, d'effluent d'élevage et

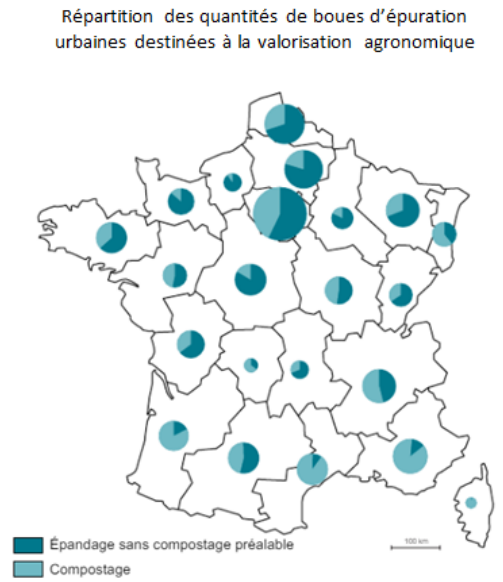
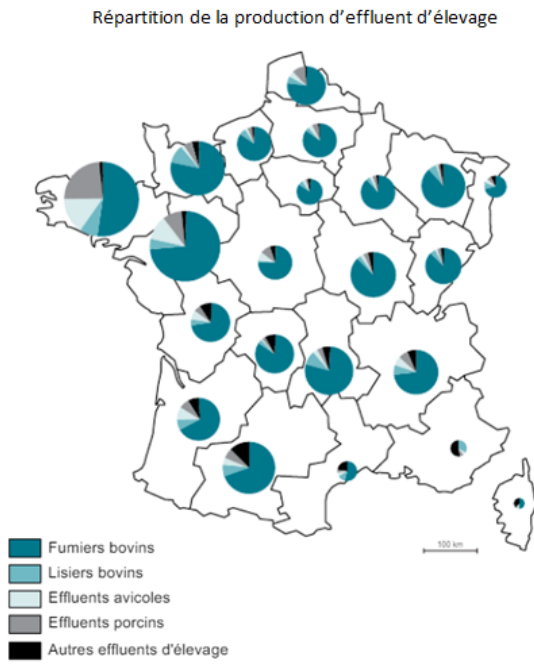


Figure 6: Représentation de la quantité de MAfor épandue sur grande culture (d'après l'expertise scientifique collective sur les MAfor 2014)

d'ordures ménagères organiques (exemple : déchets de table). La norme NFU 44-095 concerne les composts de boue de station d'épuration.

Une fois sur le marché, le producteur du produit n'est plus responsable. La responsabilité bascule sur l'utilisateur du PRO, c'est-à-dire l'agriculteur.

- Statut « déchet »

Les déchets organiques sont « l'ensemble des résidus ou sous-produits organiques engendrés par l'agriculture, les industries agroalimentaires ou les collectivités, composés de matière organique non synthétique et caractérisée par la présence d'atomes de carbone issus d'organismes vivants, végétaux ou animaux. » (ADEME, 2016). C'est le cas par exemple des effluents d'élevage, les boues industrielles et urbaines. Les boues industrielles et urbaines sont soumises à un plan d'épandage strict et doivent respecter les principes d'innocuité, de traçabilité et d'intérêt agronomique. Dans le cas des effluents d'élevage, les exploitations sous statut ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) doivent également fournir un plan d'épandage. Les autres effluents d'élevage sont soumis au règlement sanitaire départemental (RSD) qui définit des distances et des périodes d'épandage et des conditions d'enfouissement à respecter. Ainsi, les producteurs de PRO sous statut « déchet » sont responsables de leurs déchets du début jusqu'à leur épandage et au-delà, pour les impacts qui pourraient apparaître même plusieurs années après l'épandage.

Les PRO « déchet » et « produit », doivent présenter une valeur agronomique et une garantie d'innocuité pour les terres et le milieu environnant. La réglementation impose donc des teneurs et/ou flux limites en éléments traces métalliques, hydrocarbures polycycliques aromatiques, micro-organismes pour certains types de PRO ; les teneurs limites sont différentes selon le type de PRO et le statut. Les PRO dépassant ces teneurs sont orientés vers une filière alternative d'élimination comme l'incinération. Cependant, des micropolluants tels que les antibiotiques d'origine humaine ou animale, les hormones ou les nanoparticules ne sont pas analysés car les techniques analytiques sont encore très peu développées (Benoît et al. 2014). Il est donc important que les apports des PRO, notamment sous-statut déchet, soient tracés et contrôlés et que la recherche continue à travailler sur les méthodes analytiques et sur les effets des PRO sur les écosystèmes (Deschamps et al, 2018 ; Nazaret et al, 2018).

D'autres réglementations appuient la filière PRO, c'est le cas de la directive « Nitrates ». Cette réglementation vise à protéger les eaux des nitrates dans les zones vulnérables. Des quantités limitées d'azote organique et des périodes d'épandage de PRO sont imposées dans le but de limiter la lixiviation des nitrates vers les eaux souterraines.

1.2 En quoi la gestion des PRO doit être considérée à une échelle territoriale ?

1.2.1 Spécificité de chaque territoire vis-à-vis des ressources organiques

La sectorisation de la filière agricole a créé des territoires hétérogènes en termes de gisements organiques. En effet, d'après la figure 6, l'Ouest émet une grande quantité de PRO, à l'inverse, l'arc méditerranéen émet très peu de matières. Les territoires pilotes du projet PROTERR (présentés dans la partie 1.3) sont différents. Par exemple : l'un est en Bretagne, zone de forte production, essentiellement d'effluents d'élevage, l'autre est en Ile de France avec une production faible, avec

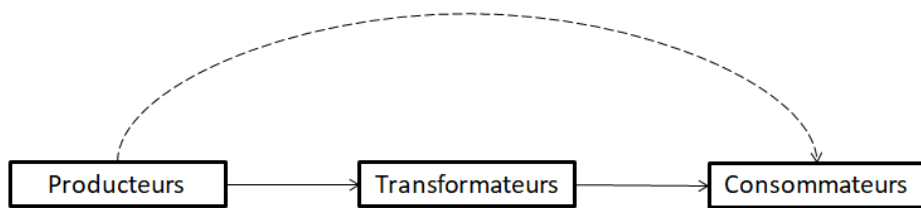


Figure 7: Flux de matières organiques selon le modèle UPUTUC à la Réunion (CIRAD,2014)

quasiment pas d'élevage et des PRO d'origine non agricole tels que du compost de déchet vert ou encore des boues de stations d'épuration urbaines (STEU). Les ressources organiques des territoires étant très différentes, la gestion des PRO doit être différenciée pour s'adapter aux spécificités de chaque territoire. Ce qui s'observe à l'échelle nationale, est vrai aussi à une échelle locale, avec des quantités et des types hétérogènes entre petites régions agricoles.

1.2.2 Un jeu d'acteur important : entre producteur, transformateur, consommateur de PRO et citoyens

De plus, il existe des hétérogénéités de quantités et de types de PRO au sein d'un territoire amenant à une complémentarité entre zones de production et de consommation, avec des acteurs différents.

La gestion des PRO compte de manière générale des producteurs c'est-à-dire ceux qui créent les déchets, suivis de transformateurs qui transforment la matière par exemple en compostant ou en méthanisant, puis des consommateurs de PRO qui sont généralement des agriculteurs. Ce processus est présenté à travers la figure 7 ci-contre.

Ce schéma d'organisation est inspiré du modèle UPUTUC (Unité de Production, Unité de Transformation et Unité de Consommation) élaboré par le CIRAD de la Réunion qui simule et spatialise la logistique de la filière des PRO.

Le cycle est bien connu chez les polyculteurs-éleveurs. Les effluents d'élevage sont produits, stockés puis épandus sur les parcelles de l'exploitation avec ou sans transformation.

Les flux sont plus importants avec des producteurs comme des industries agroalimentaires ou des collectivités. Les matières provenant de ces infrastructures sont soit épandues directement sur les parcelles alentours ou subissent une transformation telle que le compostage ou la méthanisation. Une fois transformés, les PRO sont utilisés par des agriculteurs du territoire. Cela peut se traduire par de nombreux trajets émettant des polluants et des gaz à effet de serre (ADEME, 2012).

L'implication de nombreux acteurs peut susciter des tensions au sein d'un territoire. Les agriculteurs rappellent régulièrement qu'ils prennent des risques à épandre des boues et qu'ils peuvent à tout moment ne plus les accepter (SMRA68, 2009). De la même façon, les habitants n'acceptent pas toujours bien les épandages notamment pour des questions d'odeurs (Gaillot et Lavarde, 2015). Les acteurs de l'eau potable sont parfois méfiants vis-à-vis de l'usage de PRO, en raison de risques de pertes de nitrates, de phosphates, ou d'éléments et composés toxiques vers les eaux profondes ou superficielles. A l'inverse, il peut y avoir concurrence entre transformateurs pour des ressources, ainsi que concurrence entre utilisateurs si l'offre est restreinte.

1.3 Présentation du projet PROTERR et du territoire pilote

C'est dans ce contexte qu'est né le projet PROTERR qui signifie « Optimisation de l'insertion des Produits Résiduaux Organiques dans les systèmes de culture comme levier des services écosystémiques rendus par les sols à l'échelle TERRitoriale ».

1.3.1 Le projet PROTERR :

Le projet PROTERR lancé en 2018 est financé par l'ADEME et piloté par l'INRA de Grignon. Les objectifs sont les suivants :

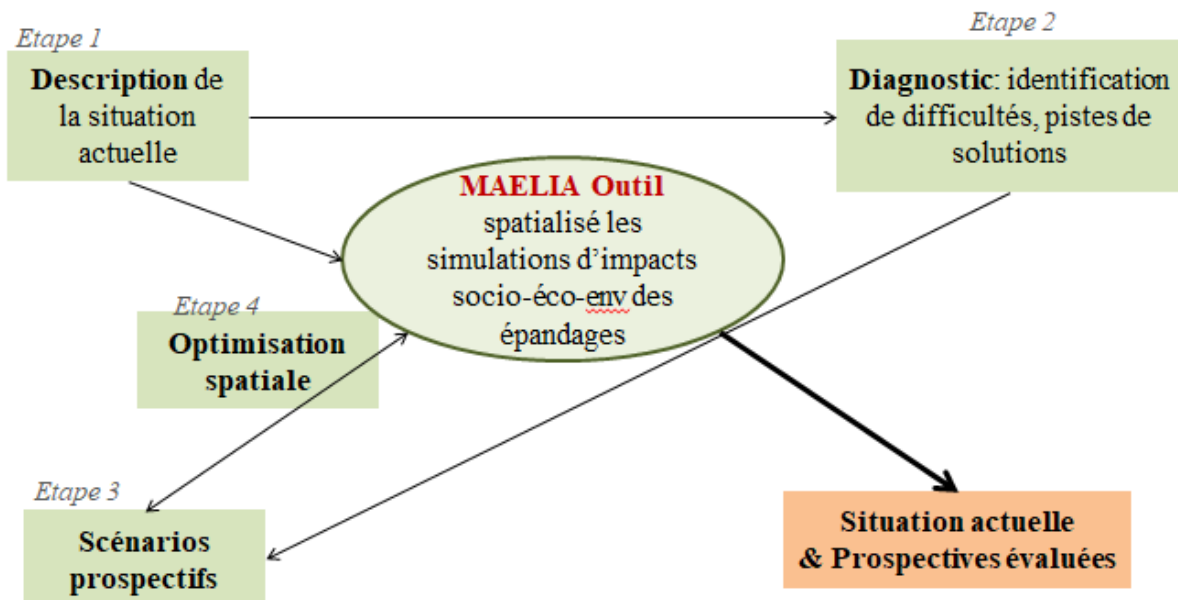


Figure 8: étapes du projet PROTERR

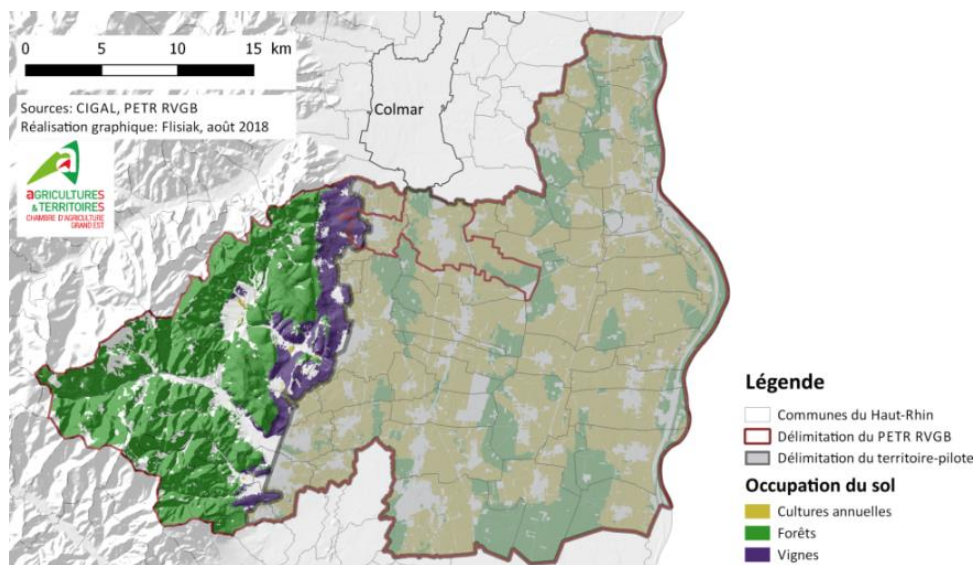


Figure 9: limite territoire pilote

- « Optimiser le recyclage des PRO comme levier de la durabilité des systèmes de production agricole dans un territoire, contribuant aux services écosystémiques rendus par les sols agricole
- Evaluer comment des instruments de politique publique peuvent favoriser ce retour au sol des PRO, à partir d'une proposition de monétarisation des services écosystémiques mesurés/évalués. »

Le but opérationnel de ce projet est de construire un modèle pouvant simuler et spatialiser la gestion des PRO et ses impacts socio-économiques et environnementaux sur un territoire et de le tester sur 4 territoires pilotes : l'ouest de l'île de la Réunion, la plaine de Versailles, le Coglais en Bretagne et enfin le territoire pilote qui concerne mon stage, la plaine du Pôle d'Equilibre Territorial et Rural du Pays Rhin-Vignoble-Grand-Ballon (PETR) en Alsace. L'outil de modélisation multi-agent spatialisé est MAELIA (<http://maelia-platform.inra.fr/>), décrit dans la partie 1.3.4.

L'application au territoire pilote alsacien est réalisée par la Chambre Régionale d'Agriculture Grand Est et se fait en 4 étapes, schématisées dans la figure 8. Une étape de diagnostic doit être faite avant tout, afin de décrire et comprendre au mieux la situation actuelle du territoire en matière de PRO (étapes 1 et 2 de la figure 8) c'est l'objet de mon stage. Les éléments de la situation actuelle seront ensuite saisis dans MAELIA dans le but de simuler les flux de matières et les impacts socio-économiques, environnementaux et agronomiques. Les éléments de l'étape 2 (identification de difficultés, recensement de changements probables de contexte) et les résultats des simulations de la situation actuelle alimenteront le choix de scénarios alternatifs. Ces scénarios alternatifs de gestion territoriale des PRO pourront être établis grâce à des ateliers de co-conception avec des acteurs locaux.

Ainsi, ce modèle multi-agent permet de simuler le comportement des individus sur un territoire et l'impact de leurs actions.

1.3.2 Délimitation du territoire pilote : la plaine du Pays Rhin-vignoble-Grand-Ballon

Dans le cadre de ce stage, l'étude est conduite au sein du PETR du Pays Rhin-vignoble-Grand-Ballon, dans le Haut-Rhin. Le PETR est composé de quatre communautés de communes rurales, à proximité de deux grandes agglomérations que sont Colmar et Mulhouse, et délimité à l'Est par le Rhin (annexe 1).

Les coteaux avec vignobles et les zones montagneuses vosgiennes du PETR ne sont pas retenus dans la zone d'étude (Figure 9). Deux communes hors PETR (Sainte Croix en Plaine et Herrlisheim) sont ajoutées pour obtenir un territoire continu (délimitées en rouge Figure 9). Le territoire d'étude compte donc 53 communes de plaine (annexe 2), avec une surface de 57 330 ha et environ 70 000 habitants. La SAU est de 32 825 ha avec 850 exploitations agricoles dont 58% de ces exploitations possèdent tous leurs îlots dans le territoire pilote ; en moyenne la SAU d'une exploitation est de 53 ha (Flisiak, 2018).

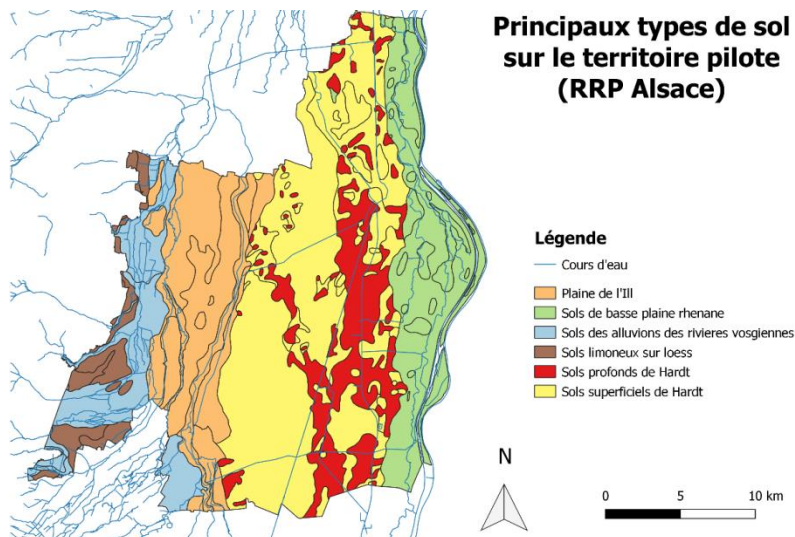


Figure 10: principaux type de sol sur le territoire pilote

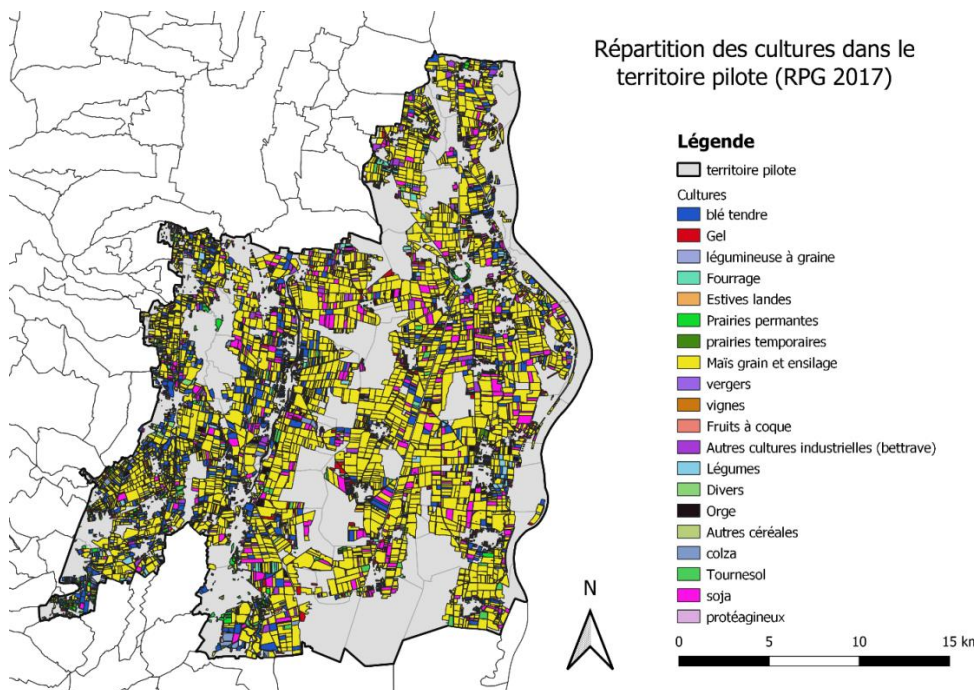


Figure 11: Répartition des cultures dans le territoire pilote (RPG 2017)

1.3.3 Contexte pédologique et agricole du territoire d'étude

La diversité des sols est grande, avec une soixantaine de types de sol à l'échelle 1/50 000 qui est l'échelle qui a été renseignée dans MAELIA pour les sols. Cependant, pour des questions de lisibilité dans la figure 10, les types de sol sont regroupés en 6 types sur la carte au 1/250 000.

D'Ouest en Est se trouvent : les sols limoneux du piémont vosgien issus de placages de loess, les sols du piémont vosgien limono-argilo-sableux issus des alluvions acides de rivières vosgiennes, les sols alluviaux non calcaires de la plaine de l'Ill, les sols calcaires issus des alluvions du Rhin : sols superficiels de la Hardt, sols profonds de la Hardt, sols sableux de la Basse plaine rhénane.

Les sols agricoles du territoire seront en majorité superficiels avec un accès à la nappe phréatique qui est la plus importante d'Europe (Association pour la Protection de la Nappe Phréatique de la Plaine d'Alsace, 2019), ce qui place ce territoire en zone vulnérable aux pollutions par les nitrates et 98% des cultures sont irriguées (IGN, 2017). Cela n'est pas sans conséquence dans les choix agricoles. D'après la figure 11, le maïs grain est la culture dominante du territoire. Elle occupe en 2017, 70% de la SAU, suivie du blé tendre représentant 9% de la SAU et du soja à 7% de la SAU (détail des cultures du territoire annexe 3)

Cela se traduit par des successions culturales très peu diversifiées, qui sont en majorité une rotation constituée de quatre maïs gains et d'une autre culture qui est en majorité du blé ou du soja ou de l'orge d'hiver (Flisiak, 2018).

L'élevage est assez peu présent, avec moins d'une centaine d'éleveurs recensés. Les prairies permanentes et temporaires ne représentent que 3% de la SAU.

1.3.4 L'outil MAELIA

MAELIA est au centre du projet PROTERR. C'est « une plateforme de modélisation et de simulation, multi-agents, permettant d'évaluer, à l'échelle du territoire, les impacts environnementaux, économiques et sociaux liés aux modes de gestion durable des ressources naturelles. » (Thérond, 2019). Ainsi, ce modèle multi-agents permet de simuler le comportement des individus sur un territoire et l'impact de leurs actions.

Initialement MAELIA a été développé pour la gestion quantitative de l'eau dans le Sud-Ouest. Dans le cadre du projet PROTERR, l'INRA travaille de nouveaux modèles adaptés à la gestion territoriale des PRO permettant de traiter les aspect logistique des PRO et d'évaluer les impacts liés particulièrement aux cycles du carbone et de l'azote (perte de nitrate, stockage de carbone dans les sols par exemple). En effet, la gestion des PRO est caractérisée par des variables dans l'espace et dans le temps, des pratiques d'usage différentes, des décisions différentes liées à la réglementation et aux acteurs présents. Pour cela, il est essentiel de saisir les données liées à la filière PRO, les règles de décision liées au comportement des acteurs et/ou à la réglementation, les pratiques agricoles représentatives du territoire. La figure 12 illustre une vue d'ensemble les informations modèles d'entrée et ce qui en sort. Ces données vont pouvoir être modélisé afin d'étudier la filière PRO (en termes de production, de transformation, de transport), les impacts des pratiques liés aux PRO (perte d'azote, stockage en carbone), le comportement des agents. Ainsi, les modèles doivent être alimentés avec plusieurs données : croissance des cultures, condition pédo-climatique, carbone du sol, composition des PRO, règle de décision des agents, localisation et quantité des PRO etc.

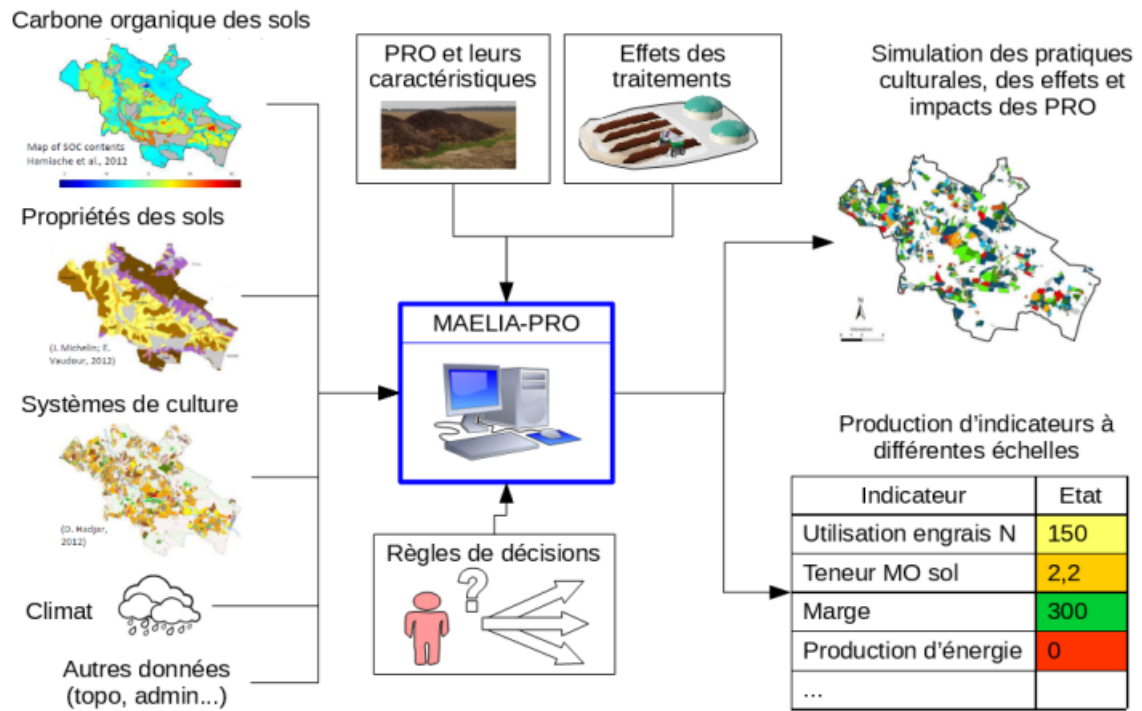


Figure 12: Schéma de l'outil MAELIA (Source: Thérond, 2019)

Dans le cadre de mon stage, le recensement des données et sa formalisation était essentiellement concentrer sur la filière PRO et sur le comportement des agents que sont les agriculteurs et les gestionnaires des unités de production et de transformation.

Il est essentiel que les données saisies soient les plus proches de la réalité afin de proposer une évaluation fiable de la situation actuelle et de scénarios pour les bénéficiaires futurs qui seront essentiellement des décideurs : par exemple une communauté de commune qui hésite entre deux projet de transformation de ses déchets de table, méthanisation ou compostage, ou bien une chambre d'agriculture qui conseille à un groupement d'agriculteur d'implanter un méthaniseur ou non.

1.4 Problématique et objectif du stage

Les PRO peuvent être recyclés à travers les sols agricoles afin de boucler les cycles biogéochimiques naturels et de permettre aux agriculteurs de réduire leur dépendance à des sources d'intrants externes au territoire, issus de ressources non renouvelables. Ils sont au cœur d'une économie circulaire et à ce titre leur recyclage agricole est encouragé par les pouvoirs publics. Cependant ces PRO peuvent avoir des impacts environnementaux négatifs, s'ils sont mal utilisés. En raison de l'hétérogénéité des zones de production et d'utilisation, et de la diversité des acteurs concernés, la gestion territoriale est un levier pour optimiser la gestion des PRO, c'est-à-dire maximiser leurs bénéfices et minimiser les impacts négatifs.

Pour aider les pouvoirs publics ou d'autres décideurs à orienter la gestion territoriale des PRO, le projet PROTERR propose de construire un modèle simulant les flux de PRO et leur usage sur le territoire et leurs conséquences socio-économiques et environnementales.

Dans le cadre de mon stage, je vais travailler sur les premières étapes du déploiement du modèle sur un territoire pilote. Le but est de faire le diagnostic du territoire pilote afin de soulever des points critiques et proposer des scénarios à simuler pour la suite du projet. La problématique est donc la suivante :

Comment décrire la gestion des produits résiduels organiques (PRO) du territoire en termes de production, de transformation et de consommation dans le but de simuler la situation actuelle et de proposer des scénarios alternatifs à évaluer ?

Les objectifs de mon stage sont donc de recueillir les informations adéquates, de les analyser et de les formaliser d'une façon exploitable par le modèle MAELIA. Il s'agit d'identifier les ressources c'est-à-dire de localiser les sources de PRO, relever les quantités émises et transformées et analyser les flux. En parallèle, le but est de comprendre comment sont utilisés ces PRO par les agriculteurs, quelles sont leurs stratégies de fertilisation et d'usage. Cet état des lieux permet d'analyser l'adéquation entre offre et demande, les freins à l'usage des PRO, les points critiques, les évolutions prévisibles à court terme, dans le but de proposer des pistes de scénarios alternatifs à évaluer.

Tableau 1: Méthode de recensement des données concernant les PRO d'origine non-agricole (=hors effluent d'élevage). (En italique les actions menées en amont).

Informations recherchées	Sources/Méthodes	Remarques
Localisation des unités de production et de transformation	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien avec SMRA68 - Bilan des épandages et rapport d'activité 2017 (SMRA68) 	
Quantité de PRO (hors effluent d'élevage, compost de déchet et biodéchet) épandue sur le territoire	<ul style="list-style-type: none"> - Données SMRA68 de 2013, 2014, 2016 et 2017 	
Fonctionnement des plateformes de compostage en termes de transformation, quantité, flux, capacité de traitement, stockage, prix, logistique	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Enquêtes stage 2018 (Flisiak, 2018)</i> - Entretiens directs et/ou téléphoniques - Données 2018 des boues entrantes et sortantes des plateformes (Agrivalor, Biosite Acacias et SM4 Aspach) 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Plateformes interrogées (Flisiak, 2018) :</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Agrivalor Eguisheim,</i> ○ <i>Agrivalor Sainte Croix en Plaine,</i> ○ <i>Biosite des Acacias,</i> ○ <i>SM4 Aspach</i> - Plateformes interrogées : <ul style="list-style-type: none"> ○ Agrivalor Eguisheim ○ Agrivalor St Croix en Plaine ○ Agrivalor Ribeauvillé, ○ Biosite des Acacias ○ SM4 Aspach ○ Anna compost
Gestion des déchets au sein des collectivités	<ul style="list-style-type: none"> - Entretiens directs ou téléphoniques (Guide Entretien annexe 4) - Bilans des activités des Communauté de communes fournis 2017 	<ul style="list-style-type: none"> - communautés de communes contactées : <ul style="list-style-type: none"> ○ Pays de Rouffach, vignoble et château ○ Centre Haut-Rhin ○ Région Guebwiller ○ Pays Rhin-Brisach

2 Démarche pour décrire la gestion actuelle et future des PRO sur le territoire pilote.

Le stage se concentre sur les étapes 1 et 2 du projet PROTERR afin de connaître la situation actuelle et de proposer des points à prendre en compte dans l'élaboration de scénarios alternatifs. La gestion des PRO englobe de nombreux acteurs qu'il est essentiel d'identifier dans le but de connaître les flux, les quantités produites et leur utilisation. Une fois la gestion actuelle comprise, il faut formaliser les données pour les saisir ensuite dans la plateforme MAELIA.

Une partie du diagnostic a été commencée avec deux stages réalisés en 2018. Le premier stage avait pour but d'étudier le rôle des PRO dans le bilan humique du territoire pilote. Ce stage était surtout focalisé sur le stockage du carbone lié à l'insertion de PRO dans les systèmes de culture (Flisiak, 2018). A travers cette étude, une vue d'ensemble sur la gestion des PRO a pu être dégagée. Un second stage avait pour but de réaliser des enquêtes auprès des éleveurs afin de recenser les quantités d'effluents émis, leur nature et de comprendre leur utilisation sur les parcelles agricoles. Ainsi, ces documents ont permis d'obtenir des premières informations, qu'il a convenu de vérifier et de compléter.

La démarche de diagnostic utilisée pour cette étude comporte 4 étapes :

- 1) Identifier les gisements en PRO d'origine agricole et non-agricole du territoire = offre en PRO
- 2) Comprendre l'utilisation des PRO dans les systèmes agricoles et les freins à l'usage = demande en PRO
- 3) Analyser les données afin d'identifier l'adéquation entre offre et demande
- 4) Identifier de nouveaux projets pouvant impacter la gestion des PRO sur le territoire

2.1 Recenser les ressources organiques du territoire: identifier l'offre en PRO et son organisation

Dans cette partie, le but est de décrire la démarche suivie afin de recenser un maximum d'informations concernant l'offre en PRO sur le territoire et comment la filière est organisée.

2.1.1 Recenser les PRO d'origine non-agricole

Les PRO d'origine non-agricole sur le territoire sont : les composts de boue sous statut « déchet » et « produit », les composts de déchets verts, les effluents viti-vinicoles (appelés aussi vinasses), les boues séchées, les boues liquides, les composts de biodéchets (déchet de table et de cuisine) et les boues de papeteries.

Les informations sur les producteurs et transformateurs de PRO d'origine non agricole présents dans et aux alentours du territoire pilote ont pu être identifiés et spatialisés grâce à l'acquisition de différentes données résumées dans le tableau 1 ci-contre.

:

Tableau 2: Méthodes de recensement des données concernant les effluents d'élevage. (En italique actions menées en amont)

Informations recherchés	Méthodes/sources	remarques
Recensement des élevages présents sur le territoire : leur localisation, le type d'animaux, le nombre d'animaux (hors équins)	- Données 2019 (service élevage de la Chambre d'Agriculture d'Alsace)	- Centaine d'élevages enregistrés - Nombre de bovins et caprins répertorié - Élevages porcins ICPE : nombre d'animaux théorique transmis - - Elevages de volailles localisés mais pas décrits
Information sur le type d'effluent produit, les quantités et leurs destinations finale (hors Equin)	- <i>Enquêtes semi-directives téléphoniques (Greff et Laclef, 2018)</i> - Enquêtes semi-directives téléphoniques (guide d'entretien annexe 5)	- <i>Enquêtes (Greff et Laclef ; 2018)</i> o 11 bovins sur 48 o 7 porcins sur 17 o 5 ovins /caprins sur 31 o 7 volailles sur 9 o 1 lapin sur 1 - Enquêtes o 1 porcin o 2 bovins o 1 caprin
Informations effluents équins (nombre d'animaux, type de logement, la quantité de fumier, la destination du fumier, le prix de vente)	- Entretien avec Pierre Fontaine chargé de projet à l'IFCE Grand-Est - Enquêtes semi-directives (guide entretien annexe 5)	- 5 écuries/pensions sur 9
Capacité de stockage	- enquêtes éleveurs (Greff et Laclef, 2018 et Gravier 2019) - Entretien avec Vincent Gartier conseiller bâtiment et installation CA Alsace	- Informations générales sur la gestion du stockage
Gestion des élevages en général sur le territoire	- Entretien avec Philippe Causanel responsable du service élevage CA Alsace, 2019	- Gestion du troupeau concernant notamment la sortie des animaux sur les prairies.

Les informations recueillies ont permis de comprendre la spécificité du territoire en termes de gestion de PRO non-agricoles et la localisation des unités de production et de transformation. Une fois identifiés, ces acteurs ont été enquêtés sur le terrain ou par téléphone dans le but d'obtenir des informations sur l'origine des déchets entrant sur la plateforme de transformation, les quantités entrantes et sortantes, le processus de traitement, les capacités de stockage, le rythme de transformation.

Les flux de PRO type « déchet » (vinasse, compost de boue (déchet et NFU), boue papeterie et boues séchées) ont pu être facilement obtenus grâce au SMRA68. Le SMRA68 (=Syndicat Mixte du Recyclage Agricole du Haut-Rhin) est l'organisme indépendant désigné par la Préfecture pour accompagner les acteurs du recyclage agricole de PRO dans le Haut-Rhin, pour que les pratiques respectent la réglementation mais aussi l'Agriculture et l'Environnement. Ainsi, toutes les informations concernant les PRO « déchet » sont tracées. Les quantités épandues sur le territoire, la localisation des épandages et la date d'épandage en 2016 et 2017 ont pu être obtenues.

Les flux de compost de déchet vert et biodéchet sont plus difficiles à obtenir, c'est pourquoi il a été d'autant plus nécessaire de s'entretenir avec les gestionnaires de plateforme de compostage afin d'obtenir des informations à dire d'expert.

2.1.2 Identifier les gisements des PRO d'origine agricole (=effluents d'élevage) et leurs organisations.

Pour cette partie de diagnostic, le but est de comprendre quels types de PRO d'origine agricole sont produits sur le territoire (fumier, lisier, fiente etc.), les quantités produites, la localisation et le type de stockage. L'acquisition des différentes données concernant les effluents d'élevage est résumée dans le tableau 2 ci-contre.

Les exploitations produisant des effluents d'élevage ont été identifiées grâce au service élevage de la chambre d'agriculture d'Alsace qui a fourni les coordonnées et le type d'élevage. Une centaine d'élevages sont ainsi identifiés. Tous ne sont pas significatifs en termes de gisement en PRO sur le territoire. C'est pourquoi, il est utile de faire une sélection de ces élevages. Pour faire cet échantillonnage, le nombre d'animaux par exploitation doit être connu afin de calculer la quantité d'azote théorique émis sur l'exploitation.

Une fois les effectifs des animaux par exploitation recueillis, des quantités d'azote théoriques produites sur l'exploitation peuvent être calculées grâce aux tables des émissions théoriques d'azote par type d'animal (JO, 2016 ; (Annexe 6)).

Le calcul de l'azote théorique permet de sélectionner les exploitations « significatives » c'est-à-dire celles qui représentent 95% de l'N théorique émis totales, soit 52 élevages sur 100. Nous faisons l'hypothèse que les 5% restants auront peu d'impact sur le territoire en termes de gestion en PRO.

Parmi les exploitations significatives, certaines n'ont pu être interrogées ou bien les quantités d'effluents produits sont approximatives. C'est pourquoi, connaissant le nombre d'animaux, des quantités d'effluent théorique ont été calculées à partir d'une table de la chambre d'agriculture de Bretagne, 2014 (annexe 7).

Tableau 3: Méthode d'acquisition d'information afin de comprendre les stratégies d'usage de PRO et le raisonnement de la fertilisation avec PRO (En italique actions menées en amont).

Informations recherchées	Sources/méthodes	Remarques
Localisation des surfaces recevant des PRO non-agricole (hors compost de déchet vert et biodéchet)	- Données SMRA 68, 2019	- Shapefile des parcelles susceptibles de recevoir des PRO - Données des PRO épandues en 2016 et en 2017
Quantité de PRO et localisation des surfaces recevant des composts de biodéchet et de déchets verts	- Entretien avec Guy Meinrad, gestionnaire de plateforme de compostage de déchet vert à St croix en plaine, 2019 - Entretien avec Kevin Mary gestionnaire de la plateforme de compostage de biodéchet à Aspach , 2019	- Avis d'expert sur les quantités allant sur le territoire - Information sur l'épandage (quantité par ha, prix, type d'agriculteur)
stratégie et raisonnement des agriculteurs non-producteur utilisant des PRO	- <i>Enquêtes qualitatives (Flisiak 2018)</i> - Enquêtes qualitatives (annexe 8) - Entretienq avec gestionnaires de plateforme de compostage Guy Meinrad (Agrivalor) et Marc Haefflinger (Biosite acacia), 2019 - Entretien avec SMRA68, 2019 - Rapport Agrimieux (Véricel, 2015)	- <i>3 agriculteurs (Flisiak 2018)</i> - 10 agriculteurs - Avis des gestionnaire sur le ressenti des agriculteurs - Avis du SMRA68 sur le comportement des agriculteurs vis-à-vis des PRO - Rapport Agrimieux (description échantillon annexe 9)
Stratégie des éleveurs et raisonnement de la fertilisation	- Enquêtes éleveurs (<i>Greff et Laclef, 2019</i> ; Gravier, 2019) (guide annexe 5) - Rapport agrimieux (Véricel, 2015)	- Information sur les quantités épandues, les cultures réceptrices, les périodes d'épandage, les échanges avec l'extérieur

Deux autres points essentiels à prendre en considération pour le projet PROTERR, sont la gestion des stocks et les déjections émises directement sur les prairies. Pour cela, les informations concernant la gestion des troupeaux et la gestion des stocks ont pu être transmises lors d'entretiens avec des conseillers de la chambre d'agriculture d'Alsace.

2.2 Comprendre et formaliser la demande des PRO par les agriculteurs : comprendre les stratégies d'usage et le raisonnement de la fertilisation avec PRO

Une fois que les quantités de PRO et leur localisation ont été recueillies, il faut décrire la stratégie d'application d'un PRO sur une parcelle et le raisonnement de la fertilisation. La « stratégie » nommée ainsi dans MAELIA décrit les règles qui régissent l'épandage d'un PRO sur une parcelle donnée. Il est essentiel de comprendre pourquoi un type PRO est épandu sur cette parcelle. Une fois que l'outil a choisi un PRO pour une parcelle donnée, des règles de décisions concernant les conditions d'épandage et le raisonnement en intrants doivent être décrites.

Pour cette étape de diagnostic, il est donc important d'identifier les agriculteurs utilisant des PRO. Une fois cette information recueillie, il est utile de rencontrer des agriculteurs et des experts sur le terrain afin de percevoir les stratégies d'usage et le raisonnement de la fertilisation avec PRO. La démarche est résumée dans le tableau 3 et sera décrite dans les parties suivantes.

2.2.1 Analyser les stratégies d'usage d'un PRO auprès d'agriculteur et d'expert de terrain

Cette partie permet de décrire la démarche permettant de comprendre les « stratégies », nommées ainsi sur MAELIA et définies précédemment. Pour cela, il est donc important de rencontrer plusieurs agriculteurs et des experts de terrain (gestionnaire de plateforme et les membres du SMRA 68).

Concernant les agriculteurs, deux distinctions peuvent être faites ceux qui produisent des PRO (= les éleveurs) et ceux qui utilisent des PRO mais ne sont pas producteurs (=les céréaliers).

- Stratégies d'usage de PRO chez les céréaliers utilisateurs de PRO

Peu de données existent sur le territoire concernant les stratégies vis-à-vis des PRO. Ainsi, la rencontre avec des céréaliers utilisateurs de PRO est essentielle.

L'identification de ces agriculteur a pu être faite en grande partie grâce au SMRA68 qui a la spécificité de tracer les PRO (hors effluent d'élevage, compost de déchet vert et biodéchet). Les dates d'épandage, la provenance du PRO, les parcelles réceptrices sont connues. A l'inverse, le compost de biodéchet et de déchet vert sont des produits qui ne sont pas tracés. Quelques agriculteurs ont pu être identifiés grâce aux gestionnaires des plateformes de compostage, mais pas de façon exhaustive.

Une fois les agriculteurs identifiés, un échantillonnage doit être fait pour conduire des enquêtes qualitatives. En effet, les enquêtes qualitatives auprès des agriculteurs utilisateurs de PRO non-agricoles permettent de comprendre leurs motivations sans orienter les agriculteurs lors des entretiens (guide d'entretien annexe 8). Le but est d'obtenir une diversité de points de vue et de motivations sur les choix de PRO et non de faire une étude statistique. Il est important de comprendre pourquoi l'agriculteur applique un type de PRO sur son exploitation et pas un autre. Pour cela, il a fallu

Tableau 4: Echantillonnage des céréaliers utilisateur de PRO

Type de PRO	Nombre d'agriculteurs à interroger
Compost de boue « déchet »	4-5
Compost de boue NFU 44-095	2
Compost de déchet vert NFU 44-051	2
Effluents viti-vinicoles	3-4
Boue séchée	2
Boue de papeterie	3
Compost de biodéchet	1

construire un échantillon significatif de la diversité sans avoir à justifier d'une représentativité statistique (Institut de l'Élevage, 2012). Le type de PRO utilisé par un agriculteur est la diversité représentée. Le nombre d'agriculteurs à interroger, décrit dans le tableau 4, n'est pas proportionnel aux quantités de chaque type de PRO. Cependant, davantage d'utilisateurs de compost de boues sont interrogés car ce PRO est largement majoritaire.

Les entretiens avec le SMRA68 et les gestionnaires de plateforme à la suite des enquêtes qualitatives sont essentiels afin de confronter les points de vue. En effet, ces acteurs du territoire sont proches des agriculteurs et ils peuvent ainsi donner leur avis concernant les différents profils d'agriculteur.

- Analyse des stratégies chez les éleveurs.

Les éleveurs sont des producteurs de PRO. Nous émettons l'hypothèse que les stratégies ne seront pas les mêmes que les celles des céréaliers. Ainsi, les enquêtes auprès des agriculteurs faites en 2018 et 2019 ont aussi pour but de comprendre la destination des effluents d'élevage. Dans ces entretiens, il a été important de savoir si les effluents sont épandus en dehors de l'exploitation ou encore si l'éleveur utilise d'autres PRO extérieurs à son exploitation.

Une fois les informations recueillies concernant les éleveurs et les céréaliers, il faut que celles-ci soient formalisées pour l'outil MAELIA. En effet, le modèle doit comprendre qu'un type de PRO va sur une parcelle donnée en priorité.

2.2.2 Analyse du raisonnement de l'apport d'un PRO sur parcelle : construction de règles de décision

Une fois que l'outil MAELIA a associé un PRO à une parcelle donnée, il est important de comprendre les conditions d'application d'un PRO c'est-à-dire la date d'épandage, la dose par ha, la réduction en engrais minéral.

C'est pourquoi, il est important de recueillir les informations concernant le raisonnement de la fertilisation avec PRO.

2.2.2.1 L'analyse du raisonnement de la fertilisation avec PRO.

Trois moyens ont permis de recueillir des informations sur le raisonnement de la fertilisation avec PRO : les enquêtes auprès des agriculteurs, le rapport Agri'mieux (Véricel, 2015) et les avis d'expert.

- Les entretiens avec les céréaliers ont permis d'obtenir les conduites de culture avec PRO au sein de leur exploitation (Guide d'entretien annexe 8)
- Le rapport Agri'mieux a permis de compléter les manques d'information concernant le raisonnement par rapport à l'azote. En effet, le rapport recense les pratiques agricoles de 2014 liées à la fertilisation azotée sur un territoire un peu plus vaste que le territoire pilote, présenté en annexe 10 (Véricel, 2015). L'usage des PRO est ainsi étudié. Ce rapport est basé sur 62 enquêtes, dont 32 utilisateurs de PRO (description de l'échantillonnage annexe 9). Cela permet de donner une vue sur l'ensemble de la plaine du Haut-Rhin, et nous faisons l'hypothèse que les pratiques qui y sont décrites sont identiques à celles de notre territoire pilote.
- Le SMRA68 et les gestionnaires de plateforme ont permis de vérifier les informations recueillies en termes de doses appliquées et de raisonnement en engrais minéral.

Tableau 5: Exemple de RDD lié à la fertilisation azoté sur un maïs de maïs sur sol profond sans PRO (Totoson, 2019)

	début	fin	rq sur période	condition1	condition2	matériel	intrant
ferti minérale1 (starter)	01-avr	15-mai	semis			en localisé sur semoir	100 kg 18-46
ferti minérale2 (N)	15-mai	20-juin		4-5 feuilles : 35 j (semis tardif) à 45 j (semis précoce) après semis	sol ressuyé (= <90% de la capacité au champs sur 0-5cm)	épandeur centrifuge 24 à 30 m, épandage en plein, 6 ha/h ==> 0,17 h/ha	urée, 90 uN
ferti minérale3 (N)	01-juin	05-juil		10-12 feuilles : 50 j (semis tardif) à 60 j (semis précoce) après semis	sol ressuyé (= <90% de la capacité au champs sur 0-5cm)	épandeur centrifuge 24 à 30 m, épandage en plein, 6 ha/h ==> 0,17h/ha	urée, 120 uN

Une fois les informations recueillies, il est important de les analyser notamment en termes d'excédent en azote. Pour cela, des écarts à la dose ajustée ont pu être calculés c'est-à-dire l'écart entre les besoins culturaux en azote et la dose réellement appliquée. Ainsi, l'apport azoté minéral du PRO à court terme et les besoins culturaux doivent être connus.

La disponibilité en N à court terme d'un PRO et donc l'apport d'azote disponible par hectare selon un PRO a pu être calculée grâce aux différentes données provenant du SMRA68, de l'expertise sur les MAFOR 2014, de la chambre d'agriculture d'Alsace (annexes 11, 12, 13,14 et 15.)

En parallèle, les besoins azotés d'une culture doivent être connus. Ils sont calculés par la méthode du bilan avec les références locales de fourniture du sol, azote non utilisable, rendement, présents dans les textes de la directive Nitrates 2015 en fonction des types de sol, culture et précédent (annexe 16). Une fois l'apport en N d'un PRO et les besoins azotés connus, les enquêtes faites permettent de connaître comment l'agriculteur ajuste son apport en engrais minéral par rapport à la dose ajustée.

Par exemple, un maïs en monoculture sur un sol de la Hardt a des besoins azotés de 237 kgN/ha. Un agriculteur apporte du compost de boue équivalent à 25 kgN/ha disponibles plus 222 kgN/ha d'engrais minéral. Nous le considérons en excès par rapport à la dose recommandée, l'écart à la dose est de 10kgN/ha.

Après identifier les différentes conduites culturales, il est nécessaire de les formaliser pour l'outil MAELIA.

2.1.1.1 Construction de règle de décisions (RDD)

Les règles de décision (RDD) spécifient le raisonnement d'une intervention technique. C'est la règle de décision qui précise le lien entre l'action d'intervenir et les conditions (fenêtre temporelle, et par exemple conditions d'humidité du sol). Par exemple, d'après le tableau 5 ci-contre, les RDD de la fertilisation azotée sur maïs de maïs sur sol profond sans PRO sont décrites. Dans le cas du deuxième apport en N, l'apport doit être fait entre le 15 mai et 20 juin au stade 4-5 feuilles et sur un sol ressuyé. Les deux conditions doivent être réunies pour déclencher la fertilisation azotée 2.

Ainsi, comme le montre l'exemple ci-contre, un premier travail était disponible concernant les RDD des opérations culturales pour des systèmes de culture sans PRO. 34 conduites sans PRO avaient été décrites en amont, une conduite correspondant à une culture avec un précédent, sur un type de sol (Totoston, 2019). Cinq types de sol et cinq types de culture ont été pris en compte, couvrant 88 % de la SAU (Annexe 18)

Ces conduites constituent la base pour décrire les conduites avec PRO. Toutes les conduites concernant le maïs et le blé sont reprises et des variantes avec chaque PRO épandu sur le territoire sont créées, en précisant notamment les doses de PRO épandues par hectare, les dates d'épandage et l'écart à la dose ajustée. On néglige les apports sur les autres cultures qui concernent peu de surface.

2.2 Analyser l'adéquation entre besoins des cultures et l'offre en PRO.

Ainsi, la première partie permet d'obtenir les quantités réelles et parfois théoriques des PRO émis sur le territoire et de comprendre les comportements d'usage des PRO par les agriculteurs. Ces données permettent ainsi d'analyser l'adéquation entre les besoins cultureux en NPK et l'offre en PRO à l'échelle du territoire.

- **Les besoins des cultures en NPK selon le type de sol et le rendement**

Pour calculer les besoins cultureux, il faut d'abord identifier le nombre d'hectares de culture par type de sol. Pour cela, les données spatialisées utilisées proviennent du Registre Parcellaire Graphique issu des déclarations PAC (RPG) 2017 et du Référentiel Régional Pédologique d'Alsace, superposées grâce au logiciel QGIS. Il est important de noter que seulement les cultures de blé et de maïs sont utilisées car elles représentent 80% de la SAU du territoire et ce sont les cultures recevant en majorité des PRO, d'après le recensement des données présentées précédemment.

Puis, il est faut évaluer les rendements moyens selon la culture et le type de sol. Ces informations ont pu être obtenues par le travail établi lors d'une réunion d'experts en 2018 (Flisiak, 2018).

Une fois que ces données récoltées, les besoins en N, P, K des cultures peuvent être calculés. Pour N, la méthode préconisée dans la directive Nitrate 2015 (annexe16) a été utilisée. Elle permet d'obtenir les références locales des postes du bilan azoté et par différence la quantité d'azote minéral à apporter.

Pour PK, on a fait l'hypothèse que les besoins correspondent aux exportations par les cultures, quelles que soient les quantités de PK disponibles dans les sols ou l'exigence de la culture. Les coefficients d'exportation en fonction du rendement sont ceux du Comifer (2009) (annexe 17).

- **Calcul de l'offre : les apports en N, P, K total par les PRO**

La composition de chaque type de PRO du territoire a été collectée auprès :

- Du SMRA68 : les composts de boue, les boues de papeterie, les vinasses, les boues séchées
- Des gestionnaires de plateforme : le compost de biodéchet.
- De la chambre d'agriculture d'Alsace : effluents porcins, bovins et volaille
- De l'expertise scientifique sur les MAFOR (Houot et al, 2014) : compost de déchet vert, fumier équin, fumier ovin (annexe 11, 12, 13,14 et 15).

Pour chaque PRO une quantité totale de N, P, K émise sur l'ensemble du territoire a pu être calculée, ainsi qu'à l'échelle communale, en faisant le produit des quantités épandues et des concentrations.

Tableau 6: méthode de recensement des projets futurs du territoire

Informations recherchées	Sources	remarques
Projets de méthanisation	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien avec Christophe Gintz et J-François Strehler, conseillers énergie CAA - 	
Evolutions de la gestion des déchets organiques des collectivités	<ul style="list-style-type: none"> - Entretiens avec les 4 communautés de communes du PETR - Entretien avec Pierre-Robert Boedec, ingénieur Economie circulaire Déchets des collectivités à l'ADEME - Entretien avec Nathalie Valentin, directrice du SMRA68 	<ul style="list-style-type: none"> - Interrogation sur des changements de réglementation
Création de nouvelles filières agricoles, modification des pratiques culturales	<ul style="list-style-type: none"> - Atelier de co-conception cadre du projet ABC'terre, - SMRA68 - BioGrand Est (anciennement OPABA) 	<ul style="list-style-type: none"> - Atelier co-conception (Le Gloux, 2019) : 3 réunions organisées avec 5 agriculteurs
Nouveaux PRO possible	<ul style="list-style-type: none"> - Enquêtes qualitatives auprès des agriculteurs - M.Fischer, négociant 	<ul style="list-style-type: none"> - Nouveau produit d'Allemagne

2.3 Identifier des scénarios alternatifs de gestion et d'usage de PRO sur le territoire.

L'identification de projets futurs s'est faite à travers les enquêtes de différents acteurs du territoire présentés dans le tableau 6 ci-contre.

En parallèle du projet PROTERR, un autre projet a lieu sur le même territoire, ABC'Terre-2A. Dans ce cadre, des ateliers de co-conception ont été menés avec des agriculteurs afin de réfléchir à des systèmes innovants capables d'améliorer le bilan GES des systèmes de culture du territoire. Lors des réunions, des remarques concernant les PRO ont pu être relevées parmi les agriculteurs présents.

L'ensemble de la méthode a permis de recenser une grande quantité d'information sur le territoire et de les formaliser pour l'outil MAELIA. Les résultats sont présentés dans la partie suivante.

**Surface recevant des PRO sur le territoire
(moyenne entre 2016-2019)**

n= 3 090 ha

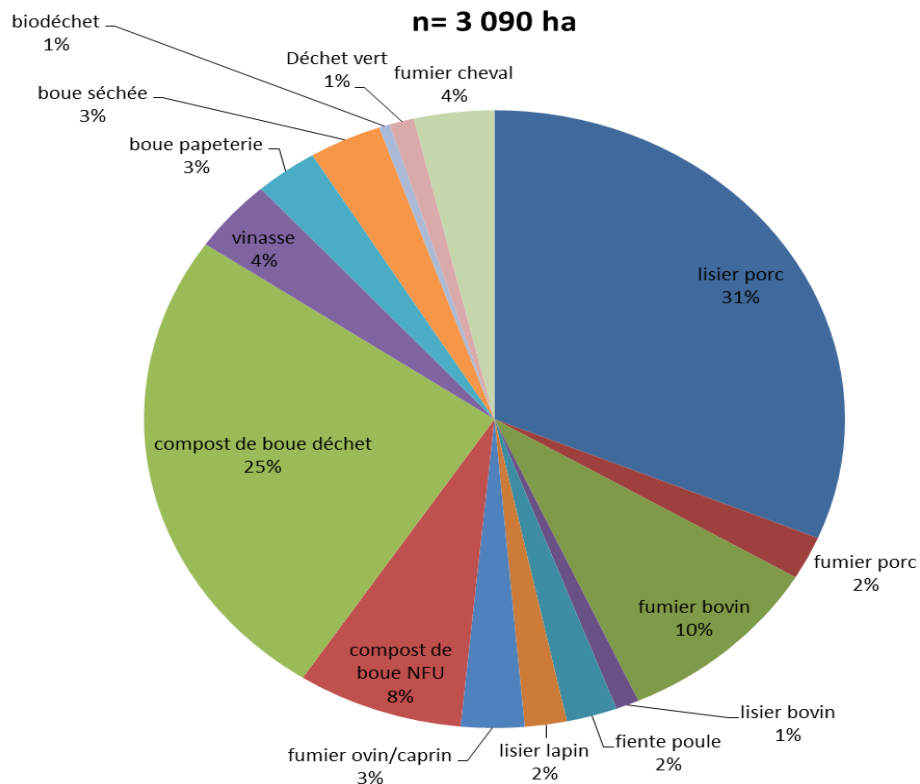


Figure 13: surface recevant des PRO sur le territoire (n= 3 090 ha)

Tableau 7: répartition du blé et du maïs grain selon le type de sol et les objectifs de rendement

	Maïs grain		Blé	
	SAU maïs grain	objectif des rendement (qx/ha)	SAU blé	objectif des rendement (qx/ha)
sol de basse plaine rhénane	4645	140	418	90
sol de la plaine de l'Ill	6169	140	740	90
sols des alluvions des rivières vosg	329	90	577	70
sols limoneux sur loess	1239	125	189	90
sols profonds de Hardt	4469	140	268	90
sol superficiels de hardt	8996	140	450	90

Tableau 8: Besoin culturaux globaux du territoire et apports en N P K total par les PRO (offre).

	Besoin (maïs et blé) (en t)	offre des PRO (en t)	part des PRO selon les besoins
N total	5761,5	352	6,1%
P2O2 total	1926,3	384	19,9%
K2O total	4206,4	325	7,7%

3 Présentation des résultats

Les résultats sont présentés en cinq parties :

- (1) La première partie montre que le territoire présente une grande diversité de PRO mais en quantité restreinte = offre
- (2) La seconde partie illustre l'organisation de la filière en PRO et notamment la circulation des PRO sur le territoire = offre
- (3) La troisième partie explique les stratégies d'usage c'est-à-dire pourquoi un type de PRO est épandu sur une parcelle donnée = demande
- (4) La quatrième partie décrit le raisonnement de la fertilisation avec PRO chez les agriculteurs pour la construction de règles de décision = demande
- (5) La dernière partie illustre des propositions de scénario à considérer pour la suite du projet PROTERR

1.1. Une diversité de PRO épandus sur le territoire mais en quantité restreinte

3.1.1 Une diversité de PRO épandus sur les terres agricoles du territoire pilote

La figure 13 présente les types de PRO épandus et leur proportion en surface épandue. Les quantités brutes sont présentées en annexe 19

Quinze types différents de PRO sont recensés, d'origine agricole (8 types) et non agricole (7 types).

Ainsi, parmi les surfaces recevant des PRO, un plus de la moitié reçoit des effluents d'élevage avec notamment une part importante de lisier de porc. Un peu moins de la moitié sont des PRO d'origine non-agricole avec une dominance du compost de boue. En effet, le Haut-Rhin a la particularité de composter à plus de 90% ses boues de STEU, à l'inverse du territoire national où seulement 31% des boues sont compostées (Houot et al, 2014)

Bien que les types de PRO soient très divers sur le territoire, seulement 3 090 ha sur 32 825 ha bénéficient d'apport de PRO sur une année soit 9,4% de la surface totale du territoire. Si les temps de retour des PRO sont comptabilisés (par exemple dans le cas d'un compost de boue épandu tous les 2 ans, l'année n+1 est considérée comme surface épandue), les surfaces bénéficiant de PRO sont de 19%.

La partie suivante met en évidence le manque de PRO pour couvrir les besoins en NPK des cultures principales et l'hétérogénéité spatiale des apports en PRO sur le territoire.

3.1.2 Des quantités de PRO ne permettant pas de combler les besoins culturaux

Le tableau 7 ci-contre résume la part du maïs et du blé selon le sol et les objectifs de rendement. A partir de ce tableau les besoins culturaux en N, P, K ont pu être calculés.

Dans la globalité, d'après le tableau 8 ci-contre, les besoins en N, P, K ne sont pas couverts par l'ensemble des PRO épandus sur le territoire. Dans le cas de l'azote, les PRO apportent 6.1% d'N total ce qui signifie une quantité d'N disponible moindre. Dans le cas du phosphore et de la potasse, les PRO apportent à l'ensemble du territoire 20% de P₂O₅ et 7.7% de K₂O.

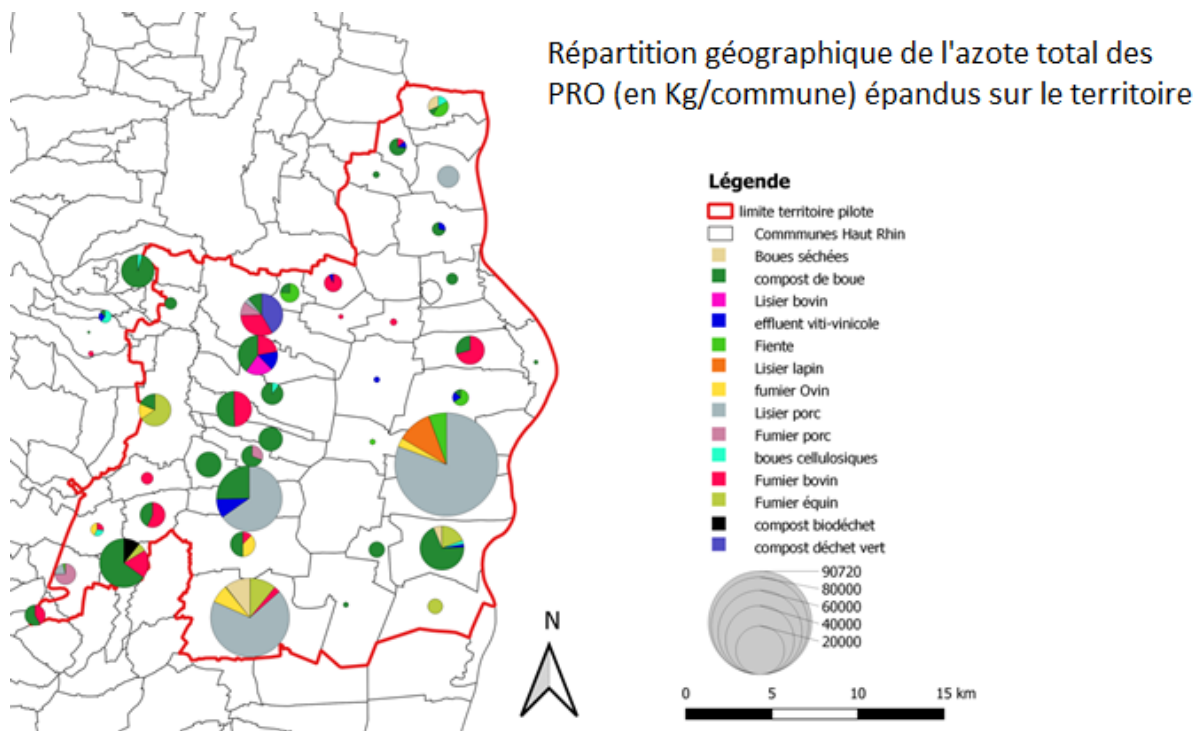


Figure 14 : Répartition de l'azote total des PRO (en Kg/commune) épandus sur le territoire

Tableau 9: Apports par les PRO en N, P, K total selon les besoins cultureux au sein de la commune de Balgau

Balgau	Besoin (maïs et blé) (en t)	Offre des PRO (en t)	Part des PRO selon les besoins
N total	572	91	16%
P2O2 total	173	68	39%
K2O total	157	70	45%

Tableau 10: Apports par les PRO en N, P, K total selon les besoins cultureux au sein de la commune d'Ensisheim

Ensisheim	besoin (maïs et blé) en t	offre PRO (en t)	part des PRO selon les besoins
N	309	53	17%
P2O	97	37	38%
K2O	87	38	43%

La figure 14 illustre la répartition de l'azote total épandu par commune en fonction du PRO et de la quantité épandue (la répartition du phosphore et de la potasse est présentée en annexe 20.)

Concernant les communes recevant le plus de PRO, il est utile d'analyser si ces zones sont en excès ou en déficit. Pour cela, la commune de Balgau à l'Est et la commune de Ensisheim au Sud sont étudiées. D'après les tableaux 9 et 10, ci-contre, les besoins culturaux ne sont pas comblés sur ces communes par rapport à l'offre en PRO, mais sont non négligeables et sont similaires dans les deux communes, toutes les deux marquées par la présence de nombreux porcs. Cependant, dans cette analyse toutes les parcelles en maïs et en blé sont considérées comme épandues, or il est vraisemblable que seulement une partie des parcelles reçoivent des PRO et que ces dernières reçoivent un excès de P. L'outil MAELIA pourra spécialiser ces données en mettant en face le comportement des agriculteurs utilisateurs de PRO décrits dans la partie 3.3 et modéliser les éventuels excès. Avant de décrire les comportements, il est utile de comprendre l'organisation de la filière PRO sur le territoire.

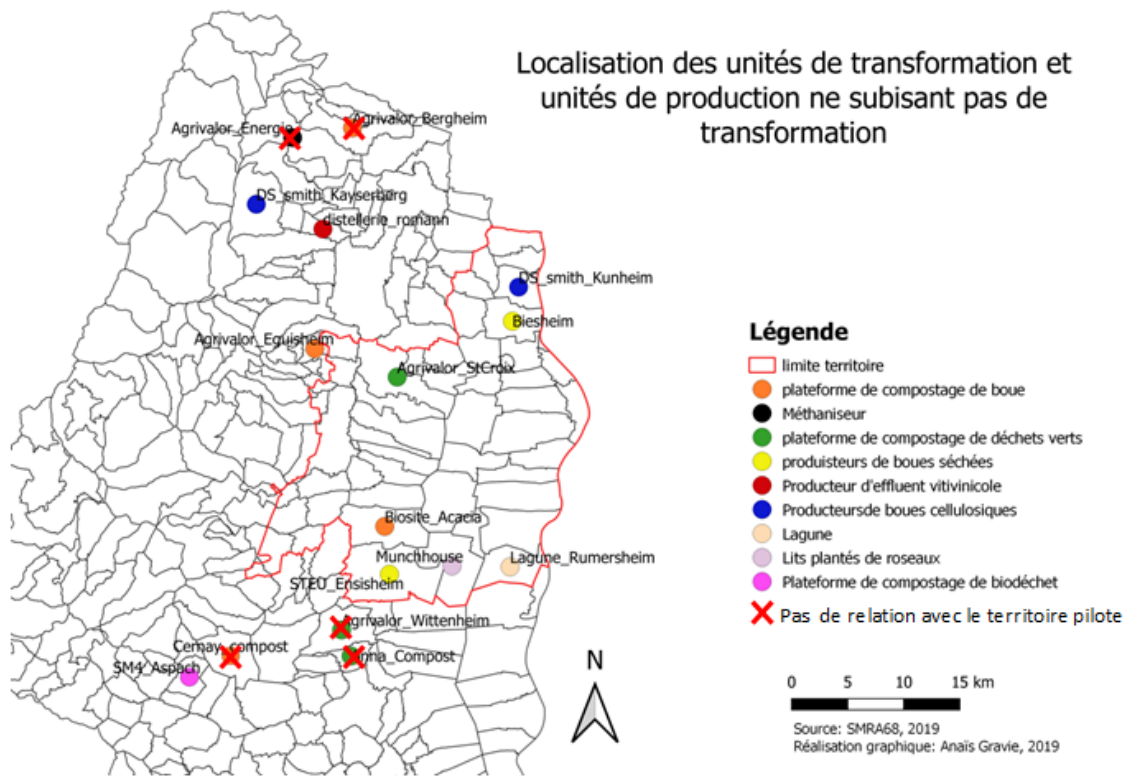


Figure 15: localisation des unités de transformation et des unités de production ne subissant pas de transformation

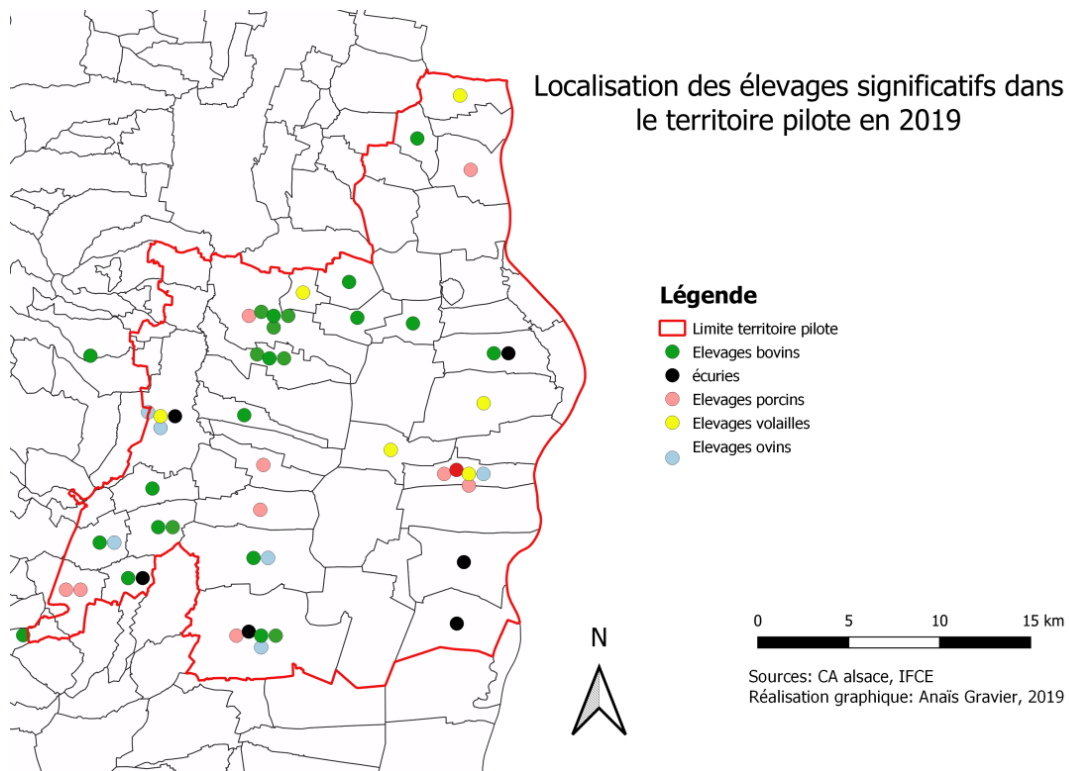


Figure 16: localisation des élevages significatifs dans le territoire pilote en 2019

3.2 Des flux de PRO inter et intra territoriaux importants

3.2.1 Localisation des unités de production et de transformation

Concernant les unités de production et de transformation hors élevage, la figure 15 ci-contre montre onze unités en lien avec le territoire pilote.

- Trois des unités sont en dehors de la zone d'étude :
 - o DS Smith qui est une papeterie et dont une partie des boues est épandue sur les terres agricoles du territoire
 - o La distillerie Romann : cette usine produit des déchets vitivinicoles qui sont épandus en partie sur le territoire
 - o La plateforme de compostage de biodéchets du syndicat mixte du secteur 4 (SM4) à Aspach-le-Haut : cette plateforme est chargée de composter les biodéchets des collectivités et des ménages. Ainsi, les biodéchets des communautés de communes du Pays Rouffach, vignoble et châteaux, de la région Guebwiller et du Pays Rhin Brisach sont collectés afin d'être compostés. Une fois compostés, une partie est épandue au sein du territoire.
- Sept unités sont présentes dans le territoire.
 - o Les lagunes à Munchouse et à Rummersheim sont vidées environ tous les deux ? ans
 - o Les plateformes de compostage de boues d'Eguisheim (=Agrivalor) et de Réguisheim (=Biosite des Acacias) ont été créées par des agriculteurs et permettent de composter des boues de STEU en mélange avec des déchets verts qui seront ensuite épandues dans et hors du territoire.
 - o Les STEU de Biesheim et de Ensisheim ont la particularité de sécher les boues. Ces dernières sont aussi épandues sur les champs agricoles de la zone d'étude.
 - o La plateforme de compostage de déchets verts à Sainte Croix en Plaine (=Agrivalor) composte les déchets verts (tonte, taille etc) et le fumier de certains centres équestres. Le compost est ensuite épandu en partie sur des parcelles agricoles.

Concernant les élevages, sur la centaine d'élevages répertoriés par la chambre d'agriculture, 52 élevages sont significatifs c'est-à-dire qu'ils représentent plus de 95% de l'azote total émis par tous les élevages. Ils sont illustrés en figure 16 et dénombrés de la façon suivante :

- 6 écuries ou pensions pour chevaux
- 24 élevages bovins qui sont situés un peu plus à l'Ouest du territoire, proches du piémont. Parmi ces 24 élevages, deux produisent du lait.
- 6 élevages de volaille dont deux élèvent des poules pondeuses et quatre élèvent des poulets de chair.
- 9 élevages de porc, dont six sont élevés sur caillebotis et trois sur paille.
- 6 élevages ovins qui sont situés à l'Ouest, proche du piémont.
- 1 élevage de lapin avec 1200 mères

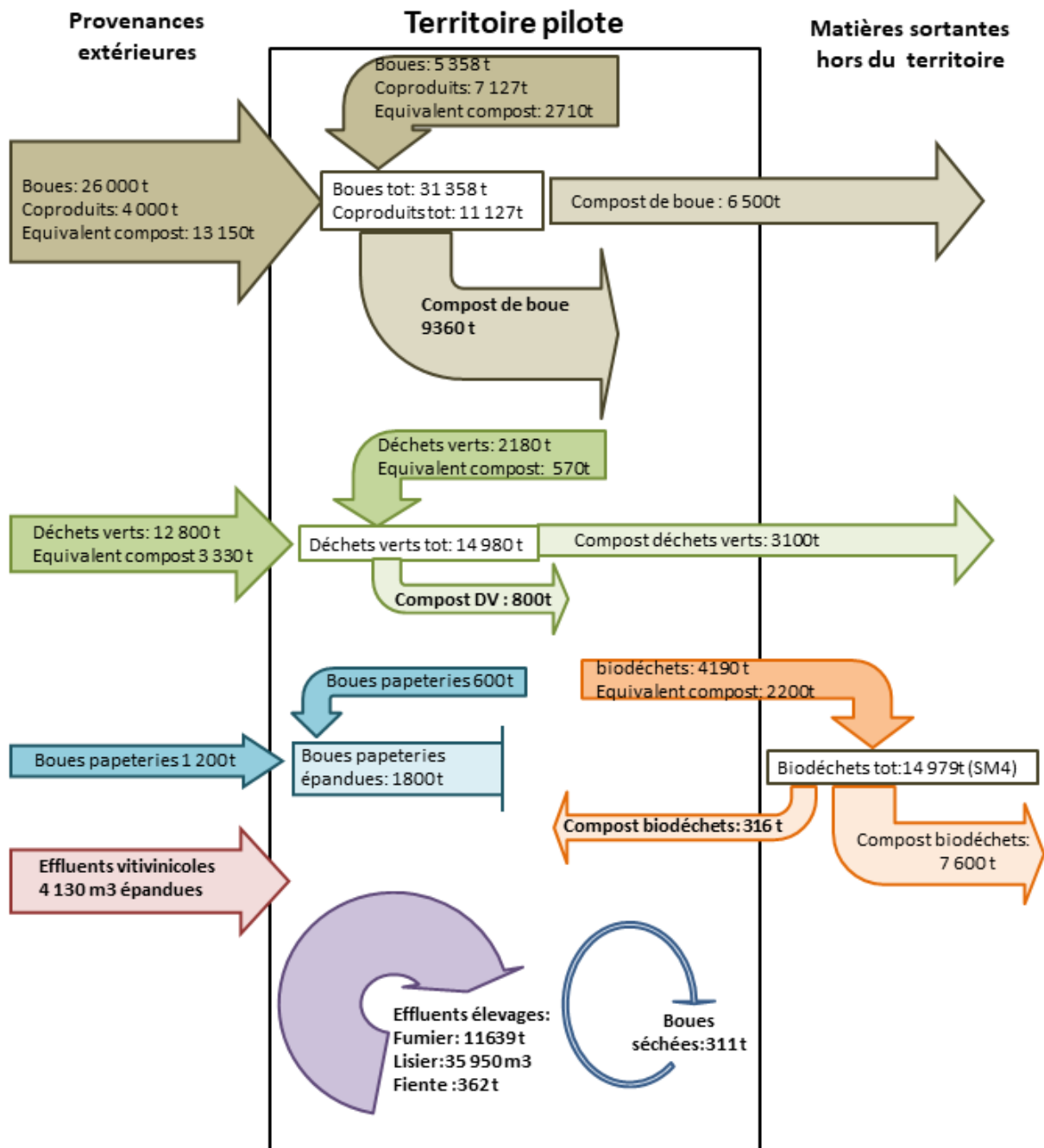


Figure 17: vue globale de la circulation des PRO inter et intra territorial (en tonnes de produit brut par an)

Une fois la localisation des gisements en PRO décrite, il est intéressant de comprendre les quantités qui circulent sur le territoire.

3.2.2 Vue d'ensemble des flux de PRO en lien avec le territoire pilote

La figure 17 schématise les flux annuels de PRO inter et intra territoriaux. Les flux seront plus ou moins importants selon le type de PRO :

- **Spécificité des boues des collectivités du Haut-Rhin**

Comme présenté dans la partie 3.2.1 précédente, deux plateformes de compostage de boue sont présentes sur le territoire et cela n'est pas sans conséquence. Avant d'expliquer les flux de boue de STEU en détail, il est important de rappeler que 90.6% des boues sont compostées sur le territoire du Haut-Rhin (SMRA68), pour cela il existe quatre plateformes dont deux sur le territoire pilote. Ainsi, des boues extérieures entrent dans le territoire et sortent une fois compostées. En effet, il est utile de préciser que les boues d'une collectivité bien que compostées sont des déchets, hormis le compost de boue normalisé (NFU 44095). Ainsi, les déchets appartiennent au producteur, le compost de boue sera théoriquement épandu proche de la zone de production. Cependant, d'après la figure 17, les terres agricoles du territoire reçoivent du compost de boue extérieur (6 650t). Cet excédent est lié à la STEU du SITEUCE (Colmar et une quarantaine de communes). Cette dernière produit une quantité importante de boue et la collectivité n'a pas assez de terre agricole pour épandre le compost. C'est pourquoi les plans d'épandage sont étendus dans le territoire pilote qui bénéficie de ce compost.

- **Compost de déchets verts et de biodéchets :**

Les biodéchets sont très peu valorisés sur les terres agricoles du territoire. La plateforme se trouve en effet à l'extérieur du territoire à 20 km environ de la première commune la plus proche du territoire. A l'inverse du compost de boue qui est géré par des prestataires pour le compte de la collectivité, du début jusqu'à l'épandage, le compost de biodéchets est un produit, la collecte du compost et l'épandage est géré par l'agriculteur. Ainsi, les agriculteurs du territoire ne se rendent pas à Aspach-le-Haut car cela demande du temps et représente un coût financier.

Concernant le compost de déchets verts, bien que la plateforme de compostage soit présente sur le territoire, seulement 800 t/an sont valorisées en grandes cultures, le reste est surtout utilisé par les viticulteurs, pépiniéristes et maraichers, dans et hors du territoire.

- **Les effluents viti-vinicoles et quelques boues de papeterie.**

Les effluents viti-vinicoles représentent un flux important, malgré les 30 km en moyenne de distance depuis le lieu de production. Cet effluent n'est pas négligeable dans la gestion globale des PRO du territoire. En moyenne 4 130 m³ sont épandus dans le territoire par le biais d'un prestataire pour le compte de l'industriel.

La quantité de boues de papeterie valorisée est sept fois moins importante en 2019 qu'en 2010. Cela s'explique par la fermeture des papeteries situées à Turckheim (hors territoire). La tendance de la production de ce déchet évolue vers la baisse. Aujourd'hui, c'est environ 1 800 t épandus.

- **Effluents d'élevage et boues séchées : des flux moins importants**

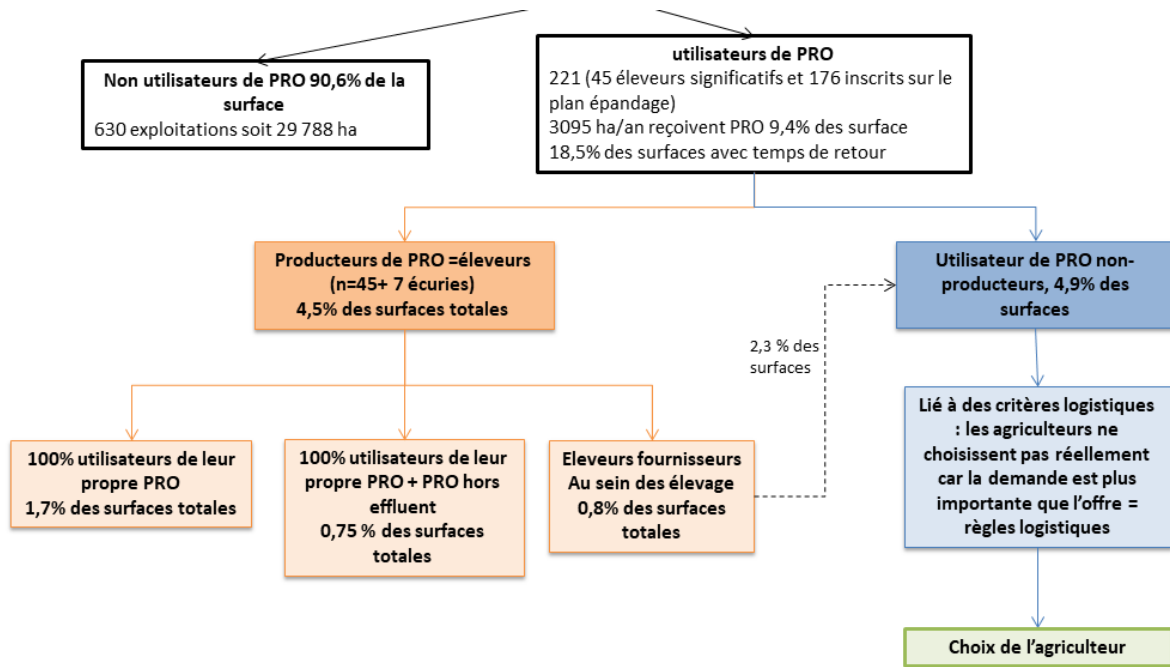


Figure 18: stratégies d'usage des PRO sur le territoire

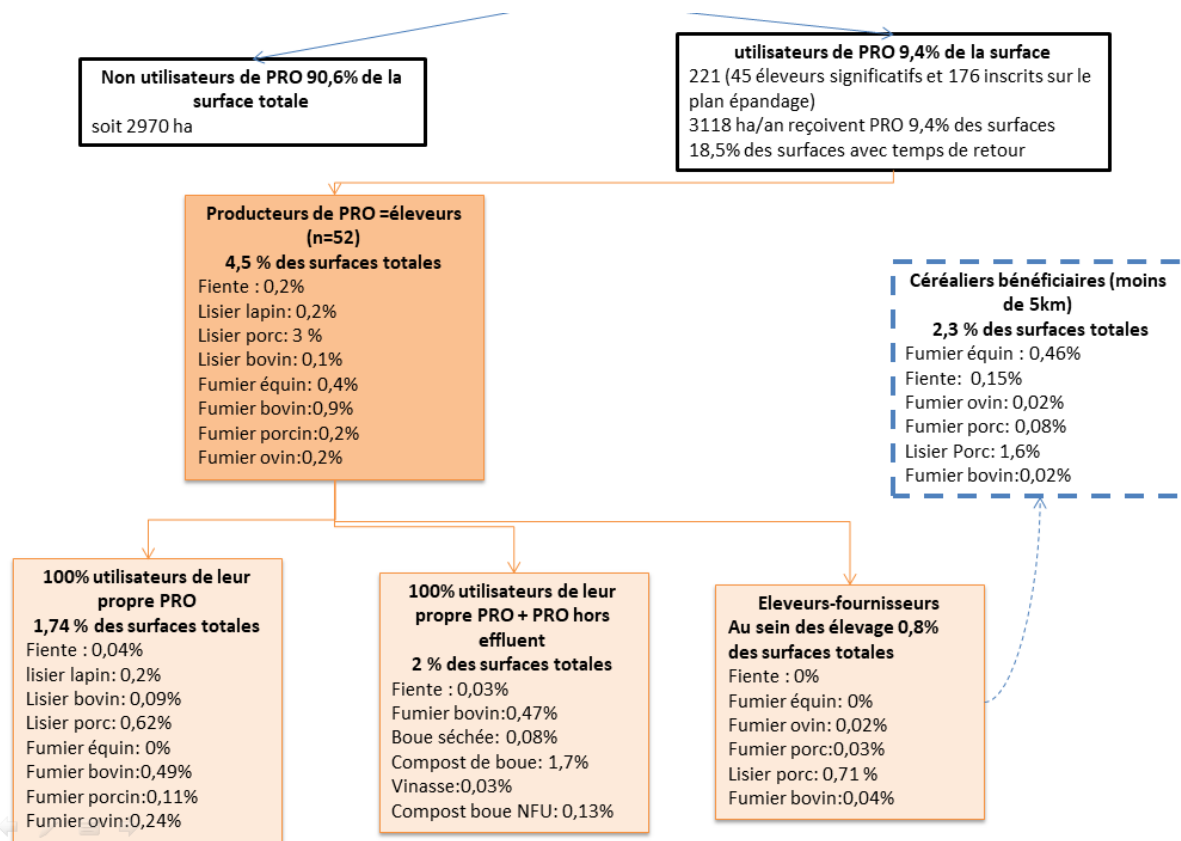


Figure 19: typologie des stratégies d'usage des PRO chez les éleveurs

Les effluents d'élevage ainsi que les boues séchées sont des déchets qui sont épandus autour de la zone de production. C'est pourquoi, le transport de ces déchets se fait dans un rayon de 5 km.

Cette partie 3.1 et 3.2 a permis de mettre en avant que les PRO sont en quantité restreinte et que les flux circulants peuvent être importants. L'offre et l'organisation des PRO n'est pas sans conséquence sur les stratégies d'usage chez les agriculteurs du territoire.

3.3 Les stratégies d'usage des PRO liées essentiellement à la logistique et non à des choix de l'agriculteur.

Les « stratégies » nommées ainsi dans MAELIA, expliquent pourquoi un type de PRO est épandu sur une parcelle et non sur une autre.

La figure 18 ci-contre représente une vue générale des stratégies décidant de l'épandage ou non de PRO sur une parcelle, utile pour l'outil MAELIA.

Il existe sur le territoire trois catégories d'agriculteurs :

- Les non-utilisateurs de PRO : ils représentent 91.6 % de la SAU du territoire
- Les utilisateurs de PRO : ils représentent 9.4% de la SAU totale du territoire et sont découpés en deux catégories :
 - o Les producteurs de PRO (=éleveurs)
 - o Les utilisateurs de PRO non-producteurs (=céréaliers)

Concernant les éleveurs, une typologie, décrite dans la partie 3.3.1 suivante a pu être dressée. Concernant les céréaliers, l'application d'un PRO sur une parcelle sera guidée essentiellement par la logistique c'est-à-dire les prestataires et la distance. Ainsi, pour cette catégorie se seront des règles logistiques (décrite en partie 3.3.2) entrées dans MAELIA qui entraîneront l'épandage d'un PRO ou non sur une parcelle.

3.3.1 Les systèmes avec élevages : valoriser en premier lieu ses propres PRO

Les enquêtes auprès des 35 éleveurs et les données concernant les parcelles inscrites dans le plan d'épandage des PRO « déchet » du SMRA68 ont permis de dresser une typologie des stratégies. Pour rappel, le SMRA68 nous a fourni un plan d'épandage des parcelles susceptibles de recevoir des PRO « déchet » avec l'identité de l'agriculteur.

La figure 19 ci-contre illustre les différents types d'éleveur et le pourcentage de la SAU totale du territoire concerné par type.

Concernant les éleveurs, il existe trois types :

- Les agriculteurs « 100% utilisateurs de leur propre PRO » : ils représentent en surface 1.74%. Ce sont des polyculteurs-éleveurs.
- Les agriculteurs « 100% utilisateurs de leur propre PRO + utilisateurs de PRO » : ce sont des éleveurs qui complètent leur apport avec des PRO pour diverses raisons qui n'ont pas pu être perçues.
- Les « Eleveurs-fournisseurs » sont des éleveurs qui ont un excès de PRO par rapport à leur surface. D'après les enquêtes, ce type d'éleveur fournit son effluent à ses voisins agriculteurs

Tableau 11: typologie des stratégies d'usage des PRO chez les éleveurs

n° agriculteur	Type de PRO utilisé ou ayant été utilisé
1	Compost de boue Mélagran (produit allemand décrit partie 3.5.2)
2	N'utilise pas de PRO
3	Fumier équin
4	Boue de papeterie
5	Compost de boue + vinasse
6	Melagran
7	Ancien utilisateur de compost de boue, compost biodéchets
8	Compost de boue NFU
9	Compost de boue NFU et compost de déchets verts NFU
10	Boue liquide (1 fois)
11	Compost de boue + vinasse + boues séchées
12	Compost de boue
13	Compost déchets verts et boues séchées

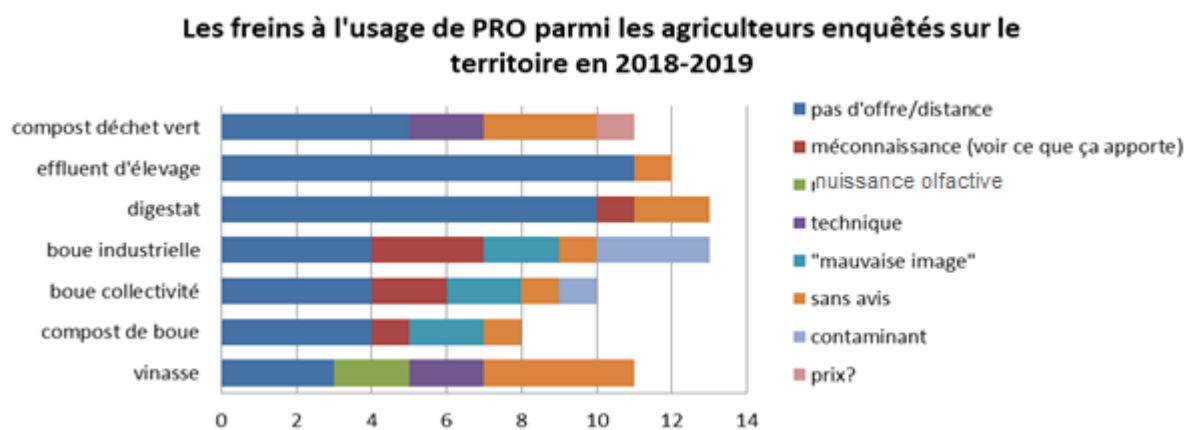


Figure 20: les freins à l'usage de PRO chez les céréaliers du territoire pilote (13 céréaliers enquêtés)

dans un rayon d'environ 5 km. Ils échangent les effluents contre de la paille ou bien font payer leur PRO et la prestation.

Ainsi, pour les 52 éleveurs, la localisation, le type de PRO utilisé et le type de stratégie ont pu être attribués.

3.3.2 Les agriculteurs utilisateurs de PRO non-producteurs (=céréaliers) soumis à l'offre de la filière PRO

Le déficit de PRO sur le territoire se traduit par une demande plus importante que l'offre. Bien qu'il puisse apparaître des réticences chez des agriculteurs à utiliser certains PRO, la demande est en augmentation selon le SMRA68. Cependant, il existe des freins à leur usage, même chez des agriculteurs intéressés par la fertilisation organique, notamment liés à l'offre.

Les freins à leur usage ont pu être évalués grâce aux entretiens qualitatifs de 13 agriculteurs dont les profils sont décrits dans le tableau 11 ci-contre.

Bien que ce nombre soit restreint, cela permet d'obtenir un sentiment général vis-à-vis des PRO.

Les freins majeurs à l'utilisation des PRO (illustrés en figure 20) sont le manque d'offre et/ou la distance entre leurs parcelles et une unité de production de PRO. Il existe aussi certaines réticences à utiliser certains PRO liées à des questions d'image, des méconnaissances techniques ou de l'offre. Lors des enquêtes, il a été difficile de percevoir réellement les motivations à utiliser un type PRO plutôt qu'un autre. Les agriculteurs enquêtés faisaient souvent remarquer qu'il ne choisissait pas vraiment les PRO. Ils s'inscrivent généralement à un plan d'épandage d'un PRO « déchet » et le « prestataire choisit les parcelles qu'il veut épandre ». Ce dernier argument a pu être confirmé par les experts tels que le SMRA68 qui est proche des agriculteurs et des prestataires.

Dû au nombre restreint d'agriculteurs enquêtés, il a été essentiel de rencontrer des experts de terrain dans le but de comprendre les décisions pour épandre un type de PRO sur une parcelle. Les membres du SMRA68 ou les gestionnaires de plateforme affirment que la demande reste beaucoup plus importante que l'offre. L'agriculteur s'inscrit sur un plan d'épandage « déchet » sur lequel sont inscrites les parcelles susceptibles de recevoir un PRO. L'hypothèse est que l'agriculteur inscrit sur le plan d'épandage, suite à une sollicitation d'un prestataire, accepte le PRO dédié à chaque fois qu'on le lui propose. Une fois inscrit, ce sont les prestataires qui vont décider sur quelle parcelle épandre à un moment donné. En effet, les épandages des PRO déchet sont faits par un tiers extérieur et non par l'agriculteur lui-même.

C'est avant tout le choix du prestataire qui guide l'épandage d'un PRO sur une parcelle donnée. Le comportement des prestataires est ainsi décrit dans la figure 21.

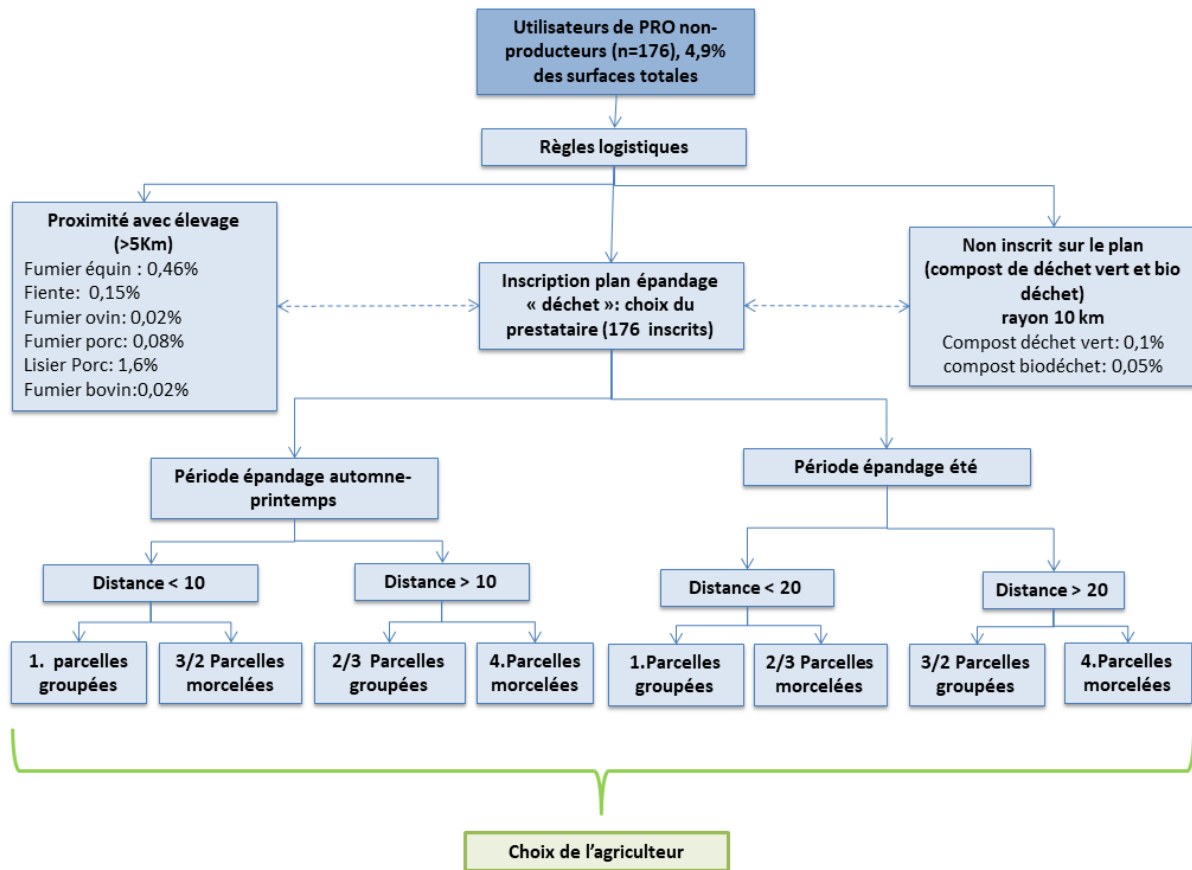


Figure 21: stratégie chez les céréaliers conduit par la logistique des prestataires et la distance

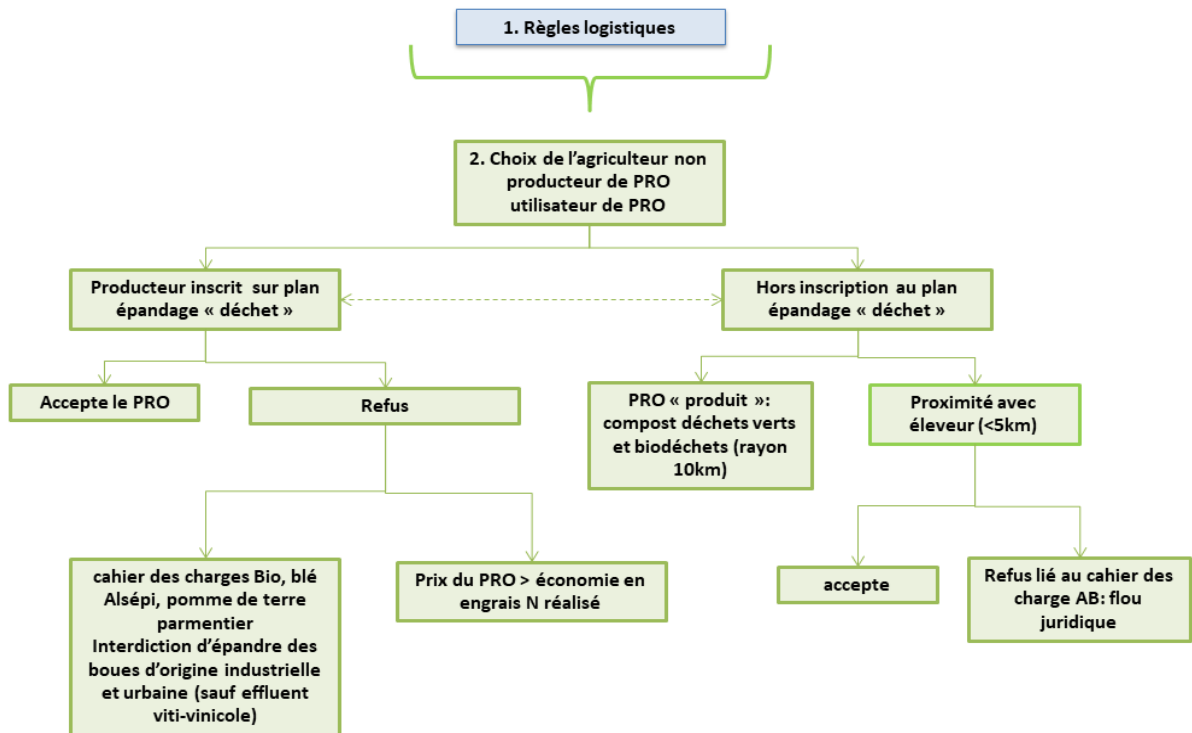


Figure 22: Choix de l'agriculteur non-producteur de PRO

D'après figure 21 ci-contre, les céréaliers sont être confrontés à trois cas :

- **Les céréaliers utilisateurs d'effluents d'élevage** : Ces céréaliers qui peuvent en bénéficier sont ceux qui ont des parcelles à moins de 5 km de l'éleveur. Pour ce critère, nous ne disposons pas du plan d'épandage et nous ne connaissons pas les céréaliers bénéficiaires. Ainsi, pour l'outil MAELIA, la règle de décision est : les effluents d'élevage ne sont pas épandus à plus de 5 km du bâtiment d'élevage en favorisant les parcelles les plus proches. Ces céréaliers utilisant des effluents d'élevage peuvent aussi utiliser des PRO hors effluent agricole. Cependant aucun moyen aujourd'hui ne permet de les identifier.
- **Les agriculteurs utilisant des PRO type compost de déchets verts et de biodéchets** : ces PRO sont des produits, ils ne sont donc pas tracés dans l'espace et dans le temps. Concernant, le compost de biodéchets, seulement un agriculteur dans le territoire est concerné. Concernant le compost de déchets verts, deux agriculteurs ont pu être identifiés, les autres agriculteurs sont anonymes. A dire d'expert, 800 t de compost de déchets verts sont épandues dans le territoire sur grandes cultures dans un rayon de 10 km maximum autour de la plateforme. De la même façon que l'effluent d'élevage, il est possible que des agriculteurs utilisent plusieurs PRO hors compost de déchets verts et biodéchets.
- **Les agriculteurs inscrits sur le plan d'épandage de PRO « déchet » (que nous a fourni le SMRA68)** : ils sont tous identifiés, cependant les règles d'épandage dépendent de plusieurs critères. Les PRO sont sortis des unités de production ou de transformation quand le stockage devient critique. En période d'été après le blé, il y a moins de demande de PRO car les parcelles sont occupées en majorité par le maïs grain. Dans ce cas de figure, les prestataires se permettent d'aller plus loin pour épandre des PRO déchet. Pour les périodes d'automne et fin de l'hiver, les demandes en PRO sont beaucoup plus importantes liées à la culture de maïs. Ainsi, les prestataires iront en premier lieu sur les parcelles les plus proches et pour une surface épandage grande (grandes parcelles ou regroupées). Puis, ils décideront entre les parcelles les plus éloignées mais sur de grandes surfaces ou proches mais morcelées selon la quantité de compost qui sort (on accepte plus facilement d'aller plus loin pour une grosse quantité sur une grande surface).

Une fois les règles concernant la logistique des PRO appliquées, viennent le choix des agriculteurs, tel que nous l'avons compris et résumé dans la figure 22 ci-contre.

Comme énoncé précédemment, un agriculteur inscrit sur le plan d'épandage accepte les PRO dès que son prestataire le lui propose. Il refuse le PRO uniquement dans le cas d'un cahier des charges spécifique. En effet, dans le cas des parcelles en agriculture biologique (s'il est converti depuis assez peu de temps, il est encore inscrit dans le plan d'épandage), avec de la pomme de terre « La Parmentière » ou avec du blé « Alsépi », les PRO d'origine urbaine et industrielle (sauf vinasse) ne sont pas autorisés. Ils refusent les PRO dans un autre cas de figure, si le prix du PRO est plus cher que l'économie en engrais fait.

Concernant les autres PRO tels que les effluents d'élevage et le compost de déchets verts et de biodéchets, le choix est surtout lié à un critère distance. Cependant, les effluents d'élevage provenant

Tableau 12: règles de décisions de fertilisation sur maïs de maïs sur sol superficiel du Haut-Rhin avec apport de lisier de porc

	Début	Fin	Intrant	remarques
Lisier porc	01-avril	15-mai	35 m3/ha	110 uN disponible (3,93 KgN tot/m3 à 80% disponible)
Ferti minérale1 (starter)	01-avril	15-mai	0	
Ferti minérale2 (N)	10-mai	15-juin	Urée, 57	Rdt visé 125q : besoin théorique = 237 kg N / ha <ul style="list-style-type: none"> utilisateurs de PRO effluent élevage ajoute 30 KgN en plus par rapport à la dose recommandée soit au total 267 KgN/ha
Ferti minérale3 (N)	01-juin	01-juillet	Urée, 100	
Ferti minérale (PK)			0	

Tableau 13: règle de décisions sur maïs de maïs sur sol superficiel du Haut-Rhin avec apport de compost de boue

	Début	Fin	Intrants	Remarques
Compost de boue	20-oct	30-nov	10t/ha	27 uN disponible (13.5 KgN tot/t à 20% disponible)
Labour	20-oct	31-déc		
Semis	01-avr	15-mai		
Ferti minérale1 (starter)	01-avr	15-mai	0	
Ferti minérale2 (N)	10-mai	15-juin	Urée, 97 uN	Rdt visé 125q : besoin théorique = 237 kg N / ha <ul style="list-style-type: none"> utilisateurs de PRO hors effluent élevage ajoute 7 KgN en plus par rapport à la dose recommandée soit au total 244 Kg/ha
Ferti minérale3 (N)	01-juin	01-juillet	Urée, 120 uN	
Ferti minérale (PK)			0	

Tableau 14: PRO présents sur le territoire avec leur dose moyenne d'épandage(t ou m3) par ha, le temps de retour et l'azote disponible qu'ils fournissent l'année de l'épandage

type de PRO	quantités épandues (t ou m3) par ha (moyenne pondérée)	temps de retour (années)	Azote totale (kg/ha)	% azote disponible année n	N disponible (Kg/ha) année n
lisier porc	35	1	138	80%	110
fumier porc	20	3	80	40%	32
fumier bovin	22	4	110	40%	44
lisier bovin	30	1	81	70%	57
fiente poule	5	2	136	90%	122
lisier lapin	20	1	168	75%	126
fumier ovin	15	4	29	20%	7
compost de boue NFU	10	2	165	20%	33
compost de boue déchet	10	2	135	20%	27
vinasse	35	2	73	15%	11
boue papeterie	20	2	26	0%	0
boue séchée	3	2	137	35%	48
compost biodéchets	20	2	140	10%	14
compost déchets verts	20	2	140	20%	30
fumier cheval	20	3	33	30%	10

d'élevages dits « industriels » ne pourront plus être épandus sur des parcelles en AB. Bien que le cahier des charges concernant les PRO en AB soit encore flou, de nouvelles réglementations risquent de modifier le comportement des agriculteurs en AB ou en conversion (OPABA, 2019). En effet, le comité national d'agriculture biologique (CNAB) de décembre 2018 a inscrit au Guide de lecture une définition d'élevage industriel qui sera mise en application en France au 1er janvier 2021 : « Sont exclus d'une utilisation sur des terres biologiques au sens de l'annexe I du RCE n°889/2008, les effluents d'élevages en système caillebotis ou grilles intégrales et les effluent d'élevages en cages. »

Toutes ces règles de décisions permettront à MAELIA de spatialiser l'épandage ou non d'un PRO

3.4 La culture de maïs la plus grande bénéficiaire de PRO et des différences observées entre les utilisateurs de PRO d'origine agricole et non agricole en termes de raisonnement azoté

Une fois que MAELIA sait quelle parcelle reçoit un type de PRO, il est important d'étudier comment sont appliqués les PRO : quantité, fréquence de retour sur un sol, raisonnements d'application des engrais minéraux après un apport en PRO et les cultures bénéficiaires.

- Les cultures bénéficiaires

Les conduites de fertilisation décrites avec PRO concernent le maïs, le blé et la prairie. En effet, d'après le SMRA68, 80% des PRO « déchet » sont épandus pour la culture de maïs, et 10% PRO sont épandus pour le blé. De la même façon, d'après la BDD Agrimieux, c'est environ 70% du maïs qui bénéficie d'effluent d'élevage, suivi du blé à 12% et de la prairie à 5% (annexe 25). Bien que d'autres cultures reçoivent des PRO, il est plus efficace à ce moment du diagnostic de se concentrer uniquement sur les cultures principales.

- Doses et dates d'épandage

Les doses et les dates d'épandages varient d'un PRO à un autre. D'après les tableaux 12 et 13, par exemple un lisier de porc est épandu à 35m³/ha entre avril et mai, différemment du compost de boue épandu à 10 t /ha entre octobre et novembre. Chaque dose moyenne d'épandage est illustrée à travers le tableau 14 et les périodes d'épandage par PRO et sont résumées en annexe 26

- Raisonnement de la fertilisation avec PRO

Concernant le raisonnement en engrais minéral, des différences ont pu être relevées entre les utilisateurs de PRO d'origine agricole et non-agricole. D'après les enquêtes auprès des agriculteurs céréaliers utilisateurs de PRO non-agricoles, l'écart à la dose d'azote est en moyenne de 7 kgN/ha (détails en annexe 27), ce qui correspond aux résultats de l'étude Agrimieux où l'écart à la dose est de 8 kgN/ha. Concernant les apports en P, K les agriculteurs interrogés font l'impasse de la fumure de fond les deux premières années.

Pour les utilisateurs de PRO d'origine animale (effluents d'élevage), les enquêtes faites en amont en 2018 n'ont pas permis d'obtenir des informations précises concernant le raisonnement azoté. En effet, peu des réponses ont été transcrites. Ainsi, pour ce type de PRO, les conduites concernant la fertilisation seront faites à partir des données agri 'mieux. En moyenne, l'écart à la dose en azote est 30 kgN/ha.

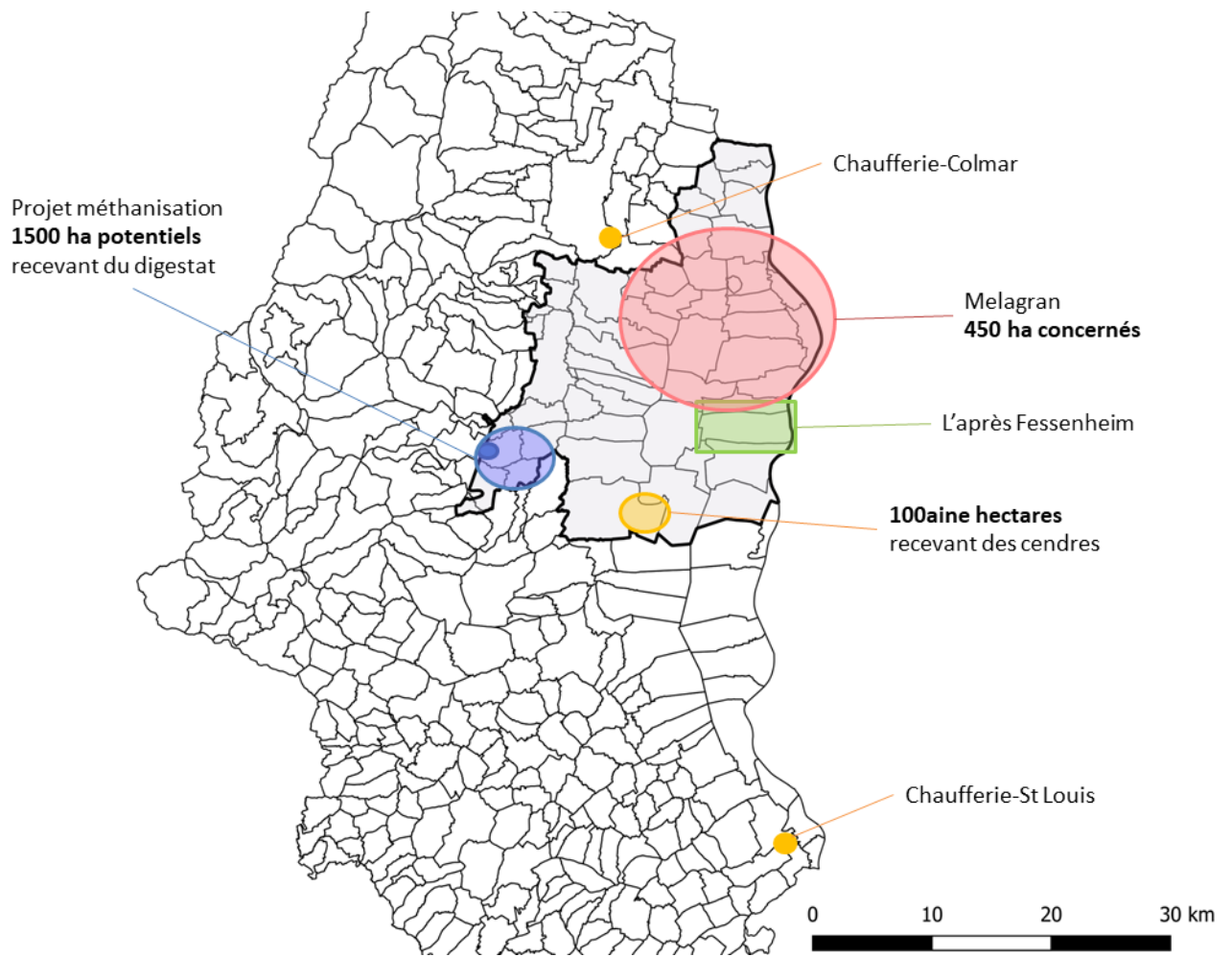


Figure 23: spatialisation de scénario futur dans le territoire pilote

Ainsi, l'ajustement est différent selon le type de PRO dans MAELIA. Concrètement, le tableau 12 ci-contre, illustre les règles de décision de fertilisation pour une culture de maïs précédé d'un maïs sur sol superficiel, type Hardt. Si l'agriculteur n'utilisait pas de PRO, il apporterait 250 kgN/ha sous forme d'urée et de 18 46, avec un excès de 13 kgN/ha par rapport à la dose ajustée (rapport Agri-mieux). L'éleveur apporte un lisier de porc à 35 m³/ha, ce qui correspond à 110 kgN/ha disponibles. Il complète cette apport avec de l'urée équivalent à 157 uN. que nous avons calculé pour qu'il y ait un écart de 30 kg N/ha avec la dose ajustée, comme mis en évidence dans le rapport Agri-mieux.

Chaque conduite de fertilisation sera décrite pour chaque PRO (détaillées en annexe 26) et en prenant comme base de travail les 32 conduites sans PRO décrites en amont. Pour rappel, ces conduites prennent en compte la culture, son précédent et son type de sol. Les règles de décision permettent le déclenchement des opérations culturales par MAELIA, notamment en fonction de l'état de la parcelle issu des modèles biophysiques (exemple : stade de la culture, humidité du sol).

Les parties 3.1, 3.2, 3.3 et 3.4 décrivent l'organisation de la filière PRO, ainsi que l'offre et la demande du territoire pilote. La partie suivante décrit les évolutions possibles du territoire à prendre en compte pour la simulation de scénarios futurs.

3.5 Des changements à venir pouvant modifier la filière des PRO ainsi que le comportement des agriculteurs : proposition de scénarios à venir

3.5.1 Développement de la filière énergie sur le territoire pilote : vers des conflits d'usage ?

Comme l'offre de PRO est faible comparée à la demande, tout développement d'une nouvelle filière qui capte des PRO le soustrait à des filières existantes et risque de provoquer des conflits d'usage avec surenchérissement sur les prix.

- **Construction d'unités de méthanisation**

Le territoire a pour objectif de créer de nouvelles filières énergétiques renouvelables. Tout d'abord, un projet de méthanisation, nommé Florigaz est en cours à Issenheim, présenté sur la carte ci-contre. Une étude a été menée pour un objectif de 8 300 MW de puissance électrique potentielle et 8 500 MW de puissance thermique potentielle. Ainsi, le méthaniseur a besoin 30 000 t de matière fraîche. D'après l'étude, plusieurs élevages dans un rayon de 10 km seraient concernés. Les déchets des industries agroalimentaires alimenteraient aussi le méthaniseur.. Les biodéchets de la communauté de communes de Guebwiller et des supermarchés seraient eux aussi valorisés par le digesteur.

Ce projet est discuté depuis 2013 et semble peu avancé depuis. La dernière réunion date du 1^{er} février 2018 et des nouvelles études sont en cours.

Le site de compostage d'Aspach-le-Haut a aussi pour projet de construire un méthaniseur traitant les biodéchets du SM4. Le digestat produit serait composté.

- **Le développement de la filière bois énergie**

Une autre filière tend à se développer aux alentours du territoire pilote : la filière bois énergie. Il existe déjà une chaudière à Colmar et à St Louis (cf. figure 23). Ces unités vont appeler à de la biomasse provenant des forêts mais aussi des déchets verts (=taille de bois) qui sont actuellement valorisés au sein du territoire à travers le compost de boue. Ainsi, il est important de prendre en compte ce point qui pourrait à l'avenir entraîner des conflits d'usage entre filière bois énergie et compost de boue.

- **L'après Fessenheim**

Au sein de territoire, se trouve aussi la commune de Fessenheim qui accueille la plus vieille centrale nucléaire de France. De nombreuses polémiques ont lieu à son sujet et le Ministère de la Transition écologique a annoncé que sa fermeture aurait lieu en 2020. De ce fait, un projet territorial de « l'après Fessenheim » est en cours. Plusieurs axes de travail ont été retenus dont le développement d'énergie renouvelable (Banque des territoires, 2019). Les pouvoirs publics souhaitent « faire du Haut-Rhin un territoire européen de référence en matière de transition énergétique ». Le développement du mix énergétique passe par plusieurs moyens de développement. L'énergie hydraulique représente 650 MW répartis sur 6 centrales hydroélectriques aujourd'hui. Le développement de l'énergie solaire serait fortement présent sur la commune. En effet, un appel d'offre a été lancé par l'état représentant 300 MW. La méthanisation tend aussi à se développer dans le Haut-Rhin avec 9 projets de méthaniseurs actuellement étudiés dont 1 dans le territoire pilote. Ces derniers peuvent avoir des répercussions directes sur la filière PRO (nouveau PRO digestat, diminution d'autres PRO entrant dans les méthaniseurs) et le paysage agricole dans le Haut-Rhin (changement d'assolement, épandage de digestat, échanges céréaliers-éleveurs, modification des flux de matière et de nutriments...).

3.5.2 De nouveaux PRO épandus sur le territoire

- **Le digestat**

Par le biais de nouvelles unités de transformation à but énergétique de nouveaux types de PRO seront épandus sur le territoire notamment du digestat. Le projet à Issenheim produirait 21 400t/an de digestat liquide, ce qui concernerait potentiellement 1500 ha/an (étude Florigaz, 2018). La construction de ce plan d'épandage pour ce digestat soulève quelques problèmes. En effet, 753 ha sont déjà inclus dans un autre plan d'épandage. La superposition de deux plans d'épandage est délicate, c'est pourquoi, seul le compost de Guebwiller et le digestat seraient superposables. Ainsi, une parcelle recevant du compost de Colmar ne pourrait recevoir du digestat. Il faut une réorientation de ces PRO vers d'autres parcelles.

- **Les cendres**

La chaufferie de Colmar produit 150 t/an de cendres qui étaient stockées depuis sa création. Elles sont épandues à 7t par ha, soit 21 ha du territoire seraient concernés. La chaufferie de St Louis produit 500 t de cendres, stockées elles aussi. Une partie serait potentiellement épandue sur le territoire, soit une centaine d'hectares du sud du territoire (SMRA68), comme illustré sur la carte 23.

- **Melagran : PRO allemand**

Un autre produit commence à être épandu sur le territoire, nommé Melagran. Ce PRO est d'origine allemande. C'est un déchet issu de la transformation de betterave en vitamine. Melagran est un fertilisant organique (NFU 42001). Plusieurs agriculteurs du territoire ont essayé ce produit, dont les agriculteurs interrogés qui semblent convaincus. Il est appliqué à 6t/ha soit 115 kgN/ha disponible, 210 kg P₂O₅/ha et 130 kg K₂O/ha à un prix de 165 euros/ha. Peu d'information a été donnée concernant le stockage de ce produit et son origine géographique. A noter, d'après la carte 23, ce produit sera épandu à l'ouest du territoire afin de pas se superposer au digestat du projet de méthanisation de Guebwiller-Issenheim (Fisher, 2019).

3.5.3 Des modifications réglementaires pouvant modifier l'organisation de la filière PRO.

- **Nouvelle réglementation concernant le stockage**

Sujet peu abordé précédemment, le stockage réglementaire des effluents d'élevage doit être de 4 mois minimum pour les effluents liquides et de 2 mois minimum pour les fumier, le rejet direct d'un effluent est interdit. Cependant, en absence de plateforme de stockage à la ferme, le stockage de fumier peut être établi sous les animaux pendant une durée minimum de 2 mois puis stocké en bord de champs pendant 9 mois maximum. Ce cas de figure est le plus rencontré pour les éleveurs bovins du territoire pilote. Pour le stockage de lisier, il est préconisé d'avoir une capacité de stockage entre 6 et 9 mois afin d'épandre le lisier au printemps sur couvert végétaux là où la valorisation agronomique est maximale.

Concernant les composts de boues, les STEU du territoire n'ont pas de capacité de stockage, elles travaillent en flux tendu avec les plateformes de compostage qui ont une capacité de stockage réglementaire de 4 mois par boue traitée.

Cependant, des nouvelles réglementations modifieront la période de stockage. La nouvelle version de la Directive Nitrates en préparation exigera que les composts de boue ainsi que les fumiers ne soient plus stockés plus d'un mois en bord de champs en zone vulnérable. Ce point risque d'entraîner des modifications car actuellement les plateformes de compostage utilisent les bords de champ des agriculteurs pour désencombrer les plateformes. De la même façon, beaucoup d'éleveur stockent leur fumier en bordure de champs. Par ailleurs, une autre réglementation porterait à 6 mois l'obligation de stockage des STEU, qu'ils reporteront sur les plateformes de compostage. Ainsi, des mesures devront être prises en compte afin de gérer les stocks.

- **Des composts de boue de plus en plus payants**

Les composts de boue sur le territoire sous statut déchet sont gratuits pour les agriculteurs, et peu cher sous NFU44-095 et ce sont essentiellement les collectivités qui paient le traitement et l'épandage. Cependant, l'offre est faible et la demande grandissante, le compost risque de devenir en partie payant pour les agriculteurs, comme c'est le cas dans les autres départements, ou alors risque d'être produit et épandu en dehors du territoire. Cela peut entraîner des tensions dans le territoire car lors d'enquêtes, les agriculteurs rappellent souvent que ce sont des déchets et qu'ils rendent services à la collectivité.

Ainsi, il est important de prendre ce point en considération dans la simulation de scénarios futurs afin d'analyser le seuil de prix à partir duquel les agriculteurs ne prendront plus de compost.

3.5.4 Implantation de nouvelle culture : la luzerne.

Comme démontré dans les parties précédentes, la quasi-monoculture du maïs est majoritaire sur le territoire d'étude. Ainsi, les sols sont occupés par cette culture d'avril à octobre ce qui n'est pas sans conséquences sur le choix des dates d'épandage des PRO mais aussi sur la dépendance en intrants et au marché.

Par ailleurs, l'alimentation animale en France est dépendante des protéines importées, notamment soja OGM, et une plus grande autonomie est de plus en plus recherchée, et des filières sans OGM se développent, dans le lait notamment. C'est pourquoi des agriculteurs tendent de s'organiser afin de créer une usine de déshydratation de luzerne, à l'initiative d'un agriculteur du territoire. « 2500 ha de culture seraient concernés afin de rentabiliser l'unité » (Benjamin Lammert, agriculteur, 2019). Cela n'est pas négligeable sur le territoire de 32 825 ha de SAU, la culture représenterait 7,6 % du territoire.

Ce scénario est intéressant à travailler afin de réorienter les PRO sur le territoire. En effet, étant une légumineuse, l'apport de PRO semble peu utile pour ces parcelles ce qui permettrait de réorienter des PRO vers d'autres parcelles et de réduire les apports notamment azotés, de même que sur les cultures qui suivent la luzerne. Les impacts seraient intéressants à modéliser avec MAELIA, l'implantation de la luzerne permettant en effet d'obtenir un couvert pendant trois ans, d'alimenter le sol en azote et d'avoir un impact sur le bilan carbone (ABC'terre, 2019).

L'ensemble de ces scénarios ont pu être créés en recueillant des informations auprès de plusieurs acteurs. Cependant, il semble important de les préciser et de les vérifier en regroupant ces acteurs autour d'une table afin de déterminer leurs attentes en matière de PRO.

4 Discussion

4.1 Limites concernant les données recensées

4.1.1 Les limites des données concernant l'offre en PRO

L'offre en PRO au sein du territoire pour les grandes cultures est en grande majorité détaillée. Cependant, il peut exister des approximations. C'est le cas pour le compost de déchets verts. En effet, aucun document avec le nom des personnes et les quantités utilisées par ces derniers n'a pu être collecté. Les informations ont été transmises à dire d'expert. Ainsi, environ 800 t sont épandues sur les grandes cultures du territoire et le reste (3100t) est soit valorisé à l'extérieur du territoire soit sur vignes ou encore sur des parcelles en maraichage.

Il est aussi possible que d'autres PRO proviennent de l'extérieur du territoire et qu'il n'a pas été possible de les identifier. C'est notamment le cas pour les effluents d'élevage. En effet, 58 % des agriculteurs ont toutes les parcelles situées dans le territoire pilote. A l'inverse, 43 % ont au moins une parcelle dans la zone d'étude. Il est donc possible que ces derniers agriculteurs soient des éleveurs et qu'ils épandent une partie de leurs effluents dans la zone d'étude. Cette information n'a pas pu être analysée car la liste des éleveurs communiqué était limitée aux exploitations ayant leur siège sans les communes du territoire pilote.

4.1.2 Les données concernant la destination des PRO sur une parcelle donnée parfois approximatives.

Il est nécessaire de faire le lien entre des parcelles, l'agriculteur qui les exploite, et le PRO qu'il utilise.

Concernant les PRO « déchets » que sont les boues de papeterie, le compost de boue « déchet » et NFU, les boues séchées, la vinasse, un plan d'épandage des parcelles susceptibles de recevoir ce type de PRO a été fourni. Les parcelles sont donc bien identifiées, en lien avec l'agriculteur et le PRO.

Par contre, ce qui n'est pas le cas pour les autres PRO. Il est en effet difficile d'identifier les parcelles recevant des PRO sans plan d'épandage. Le seul moyen de lier des parcelles à son exploitant est de passer par les bases de données RPG. Cependant, l'ensemble des parcelles sont reliées à un exploitant de façon anonyme, un code est attribué à chaque agriculteur. Dans la plupart des cas, les parcelles seront prises au hasard avec un degré de précision plus ou moins grand selon le PRO. Le parcellaire est en effet très éclaté en Alsace et les sièges des exploitations sont dans les villages.

- **Compost de biodéchets et de déchets verts**

Concernant le compost de déchets verts et de biodéchets, les parcelles réceptrices de ces PRO ne sont pas tracées. Dans l'outil MAELIA, l'application de ces types de PRO sur une parcelle sera approximative.

Concernant le compost de biodéchets, il existe seulement un utilisateur de ce PRO sur le territoire, qui a refusé d'être enquêté. On connaît la commune de son siège d'exploitation mais ni sa SAU totale, ni la liste de ses parcelles, ni celles recevant du compost ne nous sont connues. Pour MAELIA, les parcelles recevant du compost de biodéchets seront tirées au hasard parmi celles d'un agriculteur tiré au hasard dans la commune.

Concernant le compost de déchets verts, il n'a pas été possible d'identifier les utilisateurs de ce type de PRO. La seule information connue à propos du compost de déchets verts concerne les quantités épandues en grande culture (800t au total) et le rayon d'épandage (10 km maximum). A ce stade de diagnostic, l'outil MAELIA appliquera au hasard le compost de déchet vert en prenant en compte les deux conditions : quantité et distance.

- **Les effluents d'élevage**

Les plans d'épandage concernant les exploitations en ICPE ne nous sont pas accessibles et inexistants pour les élevages non ICPE. Pour l'outil MAELIA, des parcelles seront prise au hasard à l'échelle communale pour les élevages de porcs et de volailles. Pour les élevages avec herbivore (ovin et bovin), il est possible d'identifier l'assolement de l'exploitation avec la présence de prairies sur RPG. Ainsi, l'échelle est réduite à l'assolement de l'exploitation, néanmoins il est possible que les parcelles ne reçoivent pas toutes des PRO.

Un autre point qu'il est utile de soulever, concerne les effluents équin. La plupart des écuries interrogées ne connaissait pas réellement la destination de leur fumier. En effet, lors des entretiens, les personnes enquêtées ne connaissaient pas les cultures bénéficiaires de leur fumier, les quantités épandues par hectare etc. Les noms des agriculteurs utilisateurs de fumier équin n'ont pas été possibles d'obtenir. A ce stade de diagnostic, l'outil MAELI appliquera le fumier de cheval dans un rayon de

5 km autour de l'écurie. Cependant, une étude est en cours, nommée Val'fumier et menée par l'IFCE. Elle a pour but de comprendre la gestion des fumiers équinés dans le Grand Est. Cette étude est intéressante de suivre afin de préciser les données qui ont pu être recensées.

- **Piste pour améliorer la précision de la destination des PRO**

Afin de préciser la destination des PRO sur une parcelle, il serait possible à l'avenir d'utiliser les outils d'enregistrement des pratiques utilisées par les agriculteurs. En effet, les zones vulnérables soumises à la directive nitrates ont l'obligation de tracer les opérations culturales concernant la fertilisation azotée. Il existe plusieurs outils sur le marché, dont celui de la Chambre d'agriculture, nommé MesParcelles. Actuellement, sur le territoire, il y a seulement 30 abonnés à MesParcelles et les autres données ne sont pas accessibles pour la Chambre d'Agriculture. Néanmoins, de plus en plus d'agriculteurs seront amenés à utiliser ces outils ce qui permettra à l'avenir d'obtenir des informations précises à l'échelle de la parcelle d'une exploitation donnée.

4.2 Discussion sur les déterminants motivant un agriculteur à utiliser un PRO plutôt qu'un autre

Les résultats montrent que la demande est dirigée par l'offre due au manque de PRO sur le territoire. Ainsi, les stratégies d'usage seront surtout liées au critère du prestataire et à la distance. Néanmoins, il a été observé lors des entretiens que les perceptions vis-à-vis d'un PRO peuvent être différentes selon l'agriculteur. Par exemple concernant la vinasse, ce PRO était quelquefois décrit comme un déchet « noble » (agriculteur 11 et 5). A contrario, d'autres agriculteurs mentionnent des « problèmes d'odeur » (agriculteur 4 et 3) et « d'épandage non homogène » (agriculteurs 13 et 6), ils émettent quelques réserves à utiliser ce PRO.

Les avis sont ainsi différents pour chaque agriculteur, et les critères déterminants sont de natures diverses. Il a donc été difficile de créer des groupes d'agriculteurs ayant les mêmes choix. Cependant, des premières réponses ont pu être soulignées. Certains agriculteurs étaient plus sensibles à la question du prix, d'autres à la question agronomique ou d'autres ne savaient pas réellement pourquoi avoir utilisé un PRO plutôt qu'un autre.

Il serait ainsi intéressant de continuer cette étude afin de comprendre les déterminants qui motivent l'agriculteur à utiliser un PRO plutôt qu'un autre et d'intégrer aussi les non utilisateurs de PRO. En effet, seulement 13 agriculteurs ont pu être interrogés ce qui ne permet pas de traiter les informations statistiquement. Ce faible nombre d'enquêtes est notamment lié à la période avec des agriculteurs peu disponibles au moment de l'irrigation des maïs, mais aussi au manque de temps pour réaliser les enquêtes car de nombreuses données devaient être collectées par ailleurs sur d'autres thèmes. De plus, même si les déterminants du choix des PRO étaient parfaitement connus, comme ils semblent nombreux et différents d'un agriculteur à l'autre, il serait sans doute complexe à modéliser dans MAELIA.

4.3 Les variabilités de conduites non prises en compte.

A ce stade de diagnostic, les règles de décisions décrivant les conduites avec PRO sont le reflet de pratiques moyennes sur le territoire. Or, il existe des variabilités qu'il est important de prendre en compte pour la suite du projet. En effet, ce sont les variabilités au sein d'un territoire qui auront un

impact plus ou moins important sur le milieu. Un agriculteur apportant des doses supérieures à la moyenne aura plus d'impact sur l'environnement qu'un agriculteur moyen, par exemple sur les pertes de nitrates vers la nappe.

Pour les éleveurs, le rapport Agri'mieux montre que 56% des utilisateurs de PRO ont un écart à la dose de moins de 20 kgN/ha, 28% entre 20 et 50 et 16% ont un écart à plus de 50 kgN/ha. Cette étude révèle ainsi des hétérogénéités mais ne les localise pas. Ce dernier point suscite des questionnements sur la spatialisation dans MAELIA des variabilités dans ce territoire.

Pour les céréaliers utilisateurs de PRO, des variabilités peuvent aussi exister. Parmi, les 13 agriculteurs, il a été constaté que la première année les apports en fertilisation minérale complémentaire sont plutôt bien maîtrisés. Cependant, les années suivantes il peut exister des différences entre les agriculteurs. Il est d'autant plus intéressant de continuer le travail d'enquête (en période hivernale) afin de chiffrer les différences de pratiques.

4.4 Pertinence d'étendre le territoire pilote incluant les coteaux, les zones de montagne et autres cultures

La zone d'étude prend en compte seulement la plaine du PETR. Les vignes et les zones de montagne ne sont pas étudiées. Or, il serait intéressant d'étendre l'étude sur l'ensemble du PETR géographiquement pour plusieurs raisons.

Dans le cas des coteaux où se trouve essentiellement le vignoble, des PRO sont utilisés. En effet, lors des entretiens auprès des gestionnaires de plateforme, il a été confirmé que les composts de déchets verts, des fumiers et des composts de biodéchets sont utilisés sur les vignes.

Dans le cas des zones montagneuses, l'élevage est beaucoup plus présent que dans la plaine. Il est donc intéressant de comprendre la gestion de ces effluents afin d'analyser les impacts à travers l'outil MAELIA. Il est d'autant plus intéressant de s'intéresser à cette zone de montagne car il a été souvent mentionné la possibilité de faire des échanges paille/fourrage-fumier entre éleveurs et céréaliers. En effet, en parallèle de ce stage, un autre stage avait pour but d'étudier des systèmes de culture qui optimisent le stockage du carbone et limitent l'émission en gaz à effet de serre sur ce même territoire. Pour cela, des ateliers de co-conception avec 5 agriculteurs ont pu être menés. De nombreuses discussions ont eu lieu, notamment sur les possibilités d'échange entre fourrage et fumier. C'est pourquoi, il semble essentiel de réunir les éleveurs des zones montagneuses et les céréaliers de la plaine afin de comprendre leurs objectifs, leurs attentes et de simuler l'impact environnemental, agronomique et économique que cela engendrerait.

Un autre point à soulever, le maraichage n'a pas été étudié, seulement les grandes cultures ont été détaillées. Or, quelques maraichers sont présents sur le territoire et même si les surfaces qu'ils exploitent sont faibles, ils utilisent aussi des PRO type compost de déchets verts et du fumier. Ainsi, il semble intéressant d'étendre l'étude auprès des maraichers qui consomment une quantité non négligeable en PRO.

Conclusion

Cette étape de diagnostic au sein du territoire pilote met en évidence une diversité de PRO utilisés dont une moitié sont des effluents d'élevage et l'autre moitié des PRO d'origine non agricole. Les quantités produites ne permettent de couvrir que 6,1% des besoins culturaux en azote, 19,9% en phosphore et 7,7 % en potasse. 9,4 % de la SAU reçoit des PRO annuellement, et en prenant en compte le temps de retour, seulement 19 % de la SAU bénéficie d'apports de PRO. L'offre restreinte en PRO n'est donc pas sans conséquence sur les stratégies d'usages. Le choix d'épandre un type de PRO sur une parcelle est surtout conduit par les critères logistiques des prestataires d'épandage pour les PRO non agricoles et des critères de distance. Une fois que le PRO est appliqué à une parcelle, des règles de décisions décrivant les conduites de culture avec PRO ont été construites. Des différences ont pu être constatées entre utilisateurs de PRO d'origine agricole et non-agricole avec un meilleur ajustement de la dose d'azote minéral complémentaire pour les PRO non agricoles.

Le recueil et la formalisation de ces données permettent ainsi d'alimenter l'outil MAELIA dont le but est de modéliser l'impact de la gestion actuelle des PRO d'un point de vue environnemental, social et économique sur le territoire de la plaine du PETR Rhin-Vignoble-Grand-Ballon. Ainsi, à la suite de ce stage, un long travail de saisie sur MAELIA concernant notamment les règles de décision des conduites avec PRO est à mener.

Une fois cette étape finalisée, le projet PROTERR a pour but d'étudier l'impact de différents scénarios pouvant avoir lieu sur le territoire d'étude. Plusieurs projets ont pu être recensés, tels que le développement de la méthanisation ou encore l'entrée de nouveaux PRO sur le territoire. Ces points semblent importants à étudier afin d'évaluer les impacts que cela pourrait engendrer sur le territoire ; les sorties de MAELIA feront partie des éléments à disposition des décideurs pour éclairer leur choix entre plusieurs solutions potentielles

Cependant, l'outil MAELIA-PRO est en construction, ce qui a pu conduire à de nombreuses questions, concernant notamment la formalisation des données, le type de données à recenser. Il n'existe pas de trame à suivre, et la vérification des résultats à partir des sorties n'a pas été possible durant le stage. Il semble donc important, pour la suite, de rassembler les acteurs locaux qui sont des collectivités, le SMRA68, des gestionnaires de plateforme, des agriculteurs dans le but d'avoir un avis sur les résultats de sortie et de travailler avec eux sur différents scénarios à évaluer.

Par ailleurs, la construction d'ateliers regroupant ces acteurs permettrait aussi d'obtenir des avis sur l'outil MAELIA-PRO : l'intérêt pour eux et les limites des sorties de MAELIA-PRO, ce qu'il faudrait modifier pour lever ces limites, ainsi que les conditions de mise en œuvre de l'outil. En effet, un tel outil demande un investissement conséquent en temps pour recueillir les données, les formaliser et les saisir. Une fois le territoire paramétré, il est alors possible de faire des simulations de scénarios. Si les bénéficiaires des sorties de MAELIA-PRO sont assez bien identifiés (décideurs public notamment), les acteurs capables de paramétrer un territoire, de simuler les scénarios, de passer d'un territoire à un autre, le sont beaucoup moins.

Références bibliographique

ADEME, 2017, *Graine Gérer, produire et valoriser les biomasses : Optimisation de l'insertion des Produits Résiduaires Organiques dans les systèmes de culture comme levier des services écosystémiques rendus par les sols à l'échelle TERRitoriale*, p.62-63

ADEME, 2016, *Gérer les déchets organiques sur un territoire*, fiche technique

ADEME, 2016, *Déchets Chiffres clés, édition 2016, Die Humusgehalte der heimischen Ackerböden haben sich positiv entwickelt* <https://www.ages.at/themen/umwelt/boden/positive-humusentwicklung/>

ADEME, 2012, *Transport et logistique des déchets*, Rapport final. Bio Intelligence Service, AJI-Europe, BP2R. 281 pages

Agreste, 2011, *Enquête Pratiques culturale*, Principaux résultats, n°21

Arrouays D., Balesdent J., Germon J.C., Jayet P.A., Soussana J.F., Stengel P., 2002. *Contribution à la lutte contre l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?*, INRA Editions, Paris, p.332

Banque Mondiale, 2018, *développement urbain*
<https://www.banquemondiale.org/fr/topic/urbandevelopment/overview>

Banque des territoires, 2019 *Fessenheim : signature du "projet de territoire" pour l'après-centrale*
<https://www.banquedesterritoires.fr/fessenheim-signature-du-projet-de-territoire-pour-lapres-centrale>

Benoît P., Chatelet A., Générmont S., Giamberini L., Mougin C., Nguyen C., Patureau D., Pourcehr A-M., Rychen G., Smolders E., Topp E. Viguié C., 2014, *Conséquences de l'épandage de Mafor en termes de contamination de l'environnement*, Rapport final de l'ESCo « Matières fertilisantes d'origine résiduaires ».

Benoît P., Brugère H., Casellas M., Dabert P., Fuchs J., Giamberini L., Patureau D., Pons M-N., Pourcher A-M., Topp E., 2014, *Chapitre 2 : Caractéristiques physico-chimiques et biologiques des Mafor*, Rapport final de l'ESCo "Matières fertilisantes d'origine résiduaire"

Bergeron F, 2015, *Analyse des systèmes de gestion des déchets par l'étude du mécanisme de répartition des déchets*, Déchets Sciences et Techniques - N°69

Case, S. D. C., M. Oelofse, Y. Hou, O. Oenema, and L. S. Jensen. 2017, *Farmer Perceptions and Use of Organic Waste Products as Fertilisers – A Survey Study of Potential Benefits and Barriers*. Agricultural Systems, 84–95

Chalmin p et Gaillochet C., 2009, *Du rare à l'infini: panorama mondial des déchets*, 3ème édition. Paris : Economica.

Chambre d'agriculture d'Alsace, 2015, *Les matières organiques : Le gisement de Produits résiduaires Organiques dans le Bas-Rhin*

Chambre d'agriculture de Bretagne, 2014, *Outil de référence pour la réalisation du plan prévisionnel de fumure azote*

Chenu C., Abiven S., Annabi M., Barray S., Bertrand M., Bureau F., Cosentino D., Darboux F., Duval O., Fourrié L., Francou C., Houot S., Jolivet C., Laval K., Le Bissonnais Y., Lemée L.,

Menasseri S., Pétraud J.-P. et Verbèqque B., 2011, *Mise au point d'outils de prévision de l'évolution de la stabilité de la structure de sols sous l'effet de la gestion organique des sols*, étude et Gestion des Sols, Volume 18, 3, p.161-174

Ciais, P., Wattenbach, M., Vuichard, N., Smith, P., Piao, S.L., Don, A., Luysaert, S., Janssens, I.A., Bondeau, A., Dechow, R., Leip, A., Smith, P., Beer, C., Van Der Werf, G.R., Gervois, S., Van Oost, K., Tomelleri, E., Freibauer, A., Schulze, E.D., 2010, *Carboeurope Synthesis Team. The European carbon balance. Part 2: croplands*, Glob. Change Biol. 16, 1409–1428

Citeau L., Bispo A., Bardy M., King D., 2008, *Gestion durable des sols*, édition Quae

CIRAD, 2014, *Gestion Intégrée des Résidus Organiques par la Valorisation Agronomique à La Réunion GIROVAR*, N° du projet : 10004

Comifer, 2009, *la table des exportations PKMg*

Deschamps M., Ferhi S., Bernet N., Montenach D., Moussard G., Mercier V., Fedre F., Crouzet O., Patureau D., Benoit P., Houot S., *Quantification au champ des résidus pharmaceutiques après épandages de PRO.*

Dhaouadi, 2014, *Insertion des produits résiduaire organique dans les systèmes de culture : cas des systèmes céréaliers de la plaine de Versailles et du Plateau des Alluets*, Thèse : L'institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'environnement

Fernandez-Mena H., Nesme T., Pellerin S., 2019, *Un modèle multi-agents pour simuler les échanges de matières agricoles à l'échelle du territoire : application à l'évaluation de scénarios d'évolution pour un territoire de polyculture-élevage*, Innovations Agronomiques 72 (2019), 91-106

Flisiak, 2018, *Diagnostic du rôle des produits résiduaire organiques dans le bilan humique d'un territoire pilote situé dans la Plaine d'Alsace*, Mémoire de fin d'études.

Goulas A., 2018, *Epanchages des PRO : Risques associés à la présence de contaminants organiques et biologiques*, Journée technique PRO'spective 2018

Houot S., Pons M-N., Pradel M., Savini I., Tibi A., 2014, *Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier Impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques*, Synthèse du rapport d'expertise, Expertise scientifique collective INRA-CNRS-Irstea

INRA, IRSTEA, CNRS, 2014, *Colloque de restitution des conclusions de l'expertise scientifique collective (ESco), Epanchages fertilisants : quels impacts agronomiques et environnementaux des fumiers, composts, boues d'épuration... ?*

Institut de l'Élevage, 2012, *Les enquêtes qualitatives en agriculture. De la conception à l'analyse des résultats*, collection méthodes et outils, ISBN 978-2-36343-194-3

IRSTEA, colloque APIVAL 2019, *Les produits résiduaire organiques : Ingrédients clé de la bioéconomie circulaire ?*

Joncoux S., 2013, *Les « produits résiduaire organique » pour une intensification écologique de l'agriculture : ressources, déchets ou produits ? : Sociologie des format de valorisation agricole.* Sociologie. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2013. Français.

Jarousseau H., Houot S., Paillat J-M, Saint-Marcary, , 2016 *Le recyclage des résidus Organiques : Regards sur une pratique agro-écologique*, Editions Quae, ISBN : 978-2-7592-2563-7, p.200

Legifrance, LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte

Ministère de la transition écologique et solidaire, 2018, *l'économie circulaire* [En ligne] <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/leconomie-circulaire>

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2013, *Les obligations des gros producteurs de biodéchets*, direction générale de la prévention des risques

Nazaret S., 2018, *Conséquences de l'épandage de produits résiduels organiques bruts ou traités sur la dispersion de l'antibiorésistance dans les sols*

Schaub A., 2018, *Introduction à la session 1: éléments traces, métaux lourds, oligo-éléments : définitions & risques*, Journée technique PRO'spective 2018

SMRA68, 2018, *Bilan des épandages et rapport d'activité année 2017*.

SMRA68, 2009, *Enquête agricole : évaluer la perception de retour au sol des produits résiduels organiques par les agriculteurs*, fiche enquête n°4.

Théron O., 2019, *La plateforme MAELIA : modélisation et évaluation intégrées des systèmes et territoires agricoles*, réunion de service IRD-CRAGE, ppt

Totoson P., 2019, *Caractérisation de systèmes de culture innovants alternatifs à la monoculture de maïs pour la modélisation territoriale*, Mémoire de fin d'études

Wassenaar T, Queste J. , Paillat J-M., 2016, *Le recyclage agricole des résidus organiques : une ressource naturelle pour en préserver d'autres*, Agronomie Environnement & Sociétés , vol. 6,

Annexes

Annexe 1: communautés de communes du PETR RVGB.....	i
Annexe 2 : Liste des communes du territoire pilote.....	ii
Annexe 3: détail des cultures du territoire	iii
Annexe 4 : Guide entretien Communauté de Communes.....	iv
Annexe 5 : guide entretien éleveur.....	v
Annexe 6 : Azote théorique par type animal (JO, 2016)	vii
Annexe 7 : Quantités d’effluents d’élevage théoriques.....	x
Annexe 8 : Guide entretien agriculteur non producteur de PRO.....	xii
Annexe 9: description échantillon Agrimieux Colline eau et territoire et Hardt eau vive.....	xv
Annexe 10: Principaux types de sols des opérations Hardt eau vive et Collines eau et terroirs	xvi
Annexe 11 : Composition PRO d’origine non-agricole (hors compost déchet vert et compost de biodéchet), SMRA68,2018	xvii
Annexe 12 : composition compost de biodéchet (SM4)	xviii
Annexe 13 : Pourcentage d’azote disponible à court terme selon le PRO.....	xix
Annexe 14 : composition effluent bovin, porcin, fiente de volaille (CA67, 2018)	xx
Annexe 15 : composition compost de déchet vert, lisier lapin, fumier équin, fumier ovin/caprin..	xxi
Annexe 16 : besoin N d’après la méthode de la directive nitrate 2015	xxii
Annexe 17 : besoin P et K d’après la méthode Comifer, 2009	xxiii
Annexe 18 : conduite sans PRO	xxiv
Annexe 19 : quantités brutes épandues sur le territoire	xxv
Annexe 20 : Répartition du phosphore et de la potasse des PRO épandus sur le territoire	xxvi
Annexe 25 : pourcentage des cultures réceptrices de PRO.....	xxvii
Annexe 26 : Doses moyennes épandues selon le PRO et leurs dates d’épandage	xxviii
Annexe 27 : Analyses des écarts à la dose en azote obtenus par enquête auprès des céréaliers utilisateurs de PRO hors effluent d’élevage.....	xxix

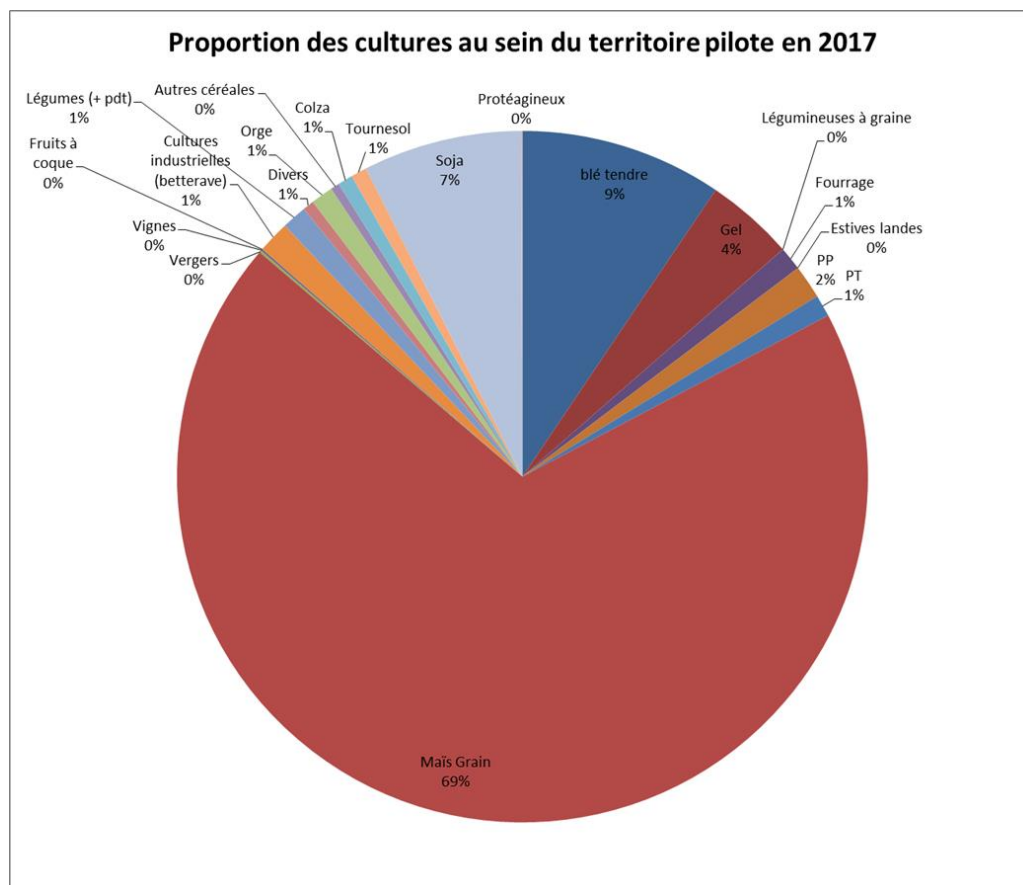
Annexe 1: communautés de communes du PETR RVGB



Annexe 2 : Liste des communes du territoire pilote

NOM	CODE_INSEE
Algolsheim	68001
Appenwihr	68008
Artzenheim	68009
Balgau	68016
Baltzenheim	68019
Bergholtz	68029
Bergholtzell	68030
Biesheim	68036
Biltzheim	68037
Blodelsheim	68041
Dessenheim	68069
Durrenentzen	68076
Eguisheim	68078
Ensisheim	68082
Fessenheim	68091
Geiswasser	68104
Gueberrschwihr	68111
Gundolsheim	68116
Hartmannswiller	68122
Hattstatt	68123
Heiteren	68130
Herrlisheim-près-Colmar	68134
Hettenschlag	68136
Hirtzfelden	68140
Issenheim	68156
Kunheim	68172
Logelheim	68189
Merxheim	68203
Meyenheim	68205
Munchouse	68225
Munwiller	68228
Nambsheim	68230
Neuf-Brisach	68231
Niederentzen	68234
Niederhergheim	68235
Oberentzen	68241
Oberhergheim	68242
Obersaasheim	68246
Pfaffenheim	68255
Raetersheim	68260
Réguisheim	68266
Roggenhouse	68281
Rouffach	68287
Rumersheim-le-Haut	68291
Rustenhart	68290
Sainte-Croix-en-Plaine	68295
Soultz-Haut-Rhin	68315
Urschenheim	68345
Vogelgrun	68351
Volgelsheim	68352
Weckolsheim	68360
Widensolen	68367
Wolfgantzen	68379

Annexe 3: détail des cultures du territoire



cultures	surface
blé tendre	3190,12
Gel	1399,12
Légumineuses à graine	1,29
Fourrage	371,06
Estives landes	0,7
PP	531,81
PT	344,18
Maïs Grain	23298,17
Vergers	33,3
Vignes	28,92
Fruits à coque	0,45
Cultures industrielles (betterave)	505,86
Légumes (+ pdt)	392,63
Divers	177,61
Orge	353,47
Autres céréales	136,19
Colza	238,81
Tournesol	247,53
Soja	2513,3
Protéagineux	17,79

Annexe 4 : Guide entretien Communauté de Communes

Guide d'entretien auprès des communautés de Commune du PETR RVGB

Nom de la communauté des communes :

Personne(s) enquêtée(s) :

Nom(s) enquêteur(s) :

Date et lieu de l'entretien :

Matériel :

- Carte du territoire pilote
- Carte localisation des STEU
- Carte Plateforme de compostage

Présentation de l'enquêteur

Je suis actuellement en stage de fin d'étude (Ecole d'agronomie) dans le département Innovation, Recherche et Développement au sein de la chambre d'agriculture Grand Est. Dans le cadre de mon stage je travaille sur le Projet Proterr (« Optimisation de l'insertion des Produits Résiduaire Organiques dans les systèmes de culture comme levier des services écosystémiques rendus par les sols à l'échelle TERRitoriale) financé par l'ADEME et coordonnée par l'INRA. Le but de ce projet est d'optimiser l'insertion de la matière organique dans les systèmes de culture et à l'échelle du territoire. Ainsi, j'effectue un diagnostic sur les gisements en matière organique et comment elle est utilisée dans la plaine du PETR RVGB de Artzenheim à Rumersheim-le Haut- et d'Eguisheim à Soultz.

1. **Présentation de la personne enquêtée**
2. **Nombre de ville et d'habitant au sein de la ComCom**
3. **Quel est le rôle de la communauté de commune dans la gestion des déchets ?**
4. **Quels sont les réglementations aujourd'hui et à venir ?**

Biodéchets et déchets verts

5. **Comment sont gérés les déchets verts et biodéchets (et autre élément fermentescible ?) sur votre territoire ?**
6. **Connaissez-vous les quantités récoltés ?**
7. **Où se trouvent les sites de récupération des déchets et les sites de stockages ? comment sont organisés les flux des déchets verts et des biodechets ? Où vont-ils ?**
8. **Que font-ils de ces biodechets ? Qui les récupère ?**
9. **Connaissez-vous la quantité de compost de biodechet revenant sur les terres agricoles de votre territoire ? Connaissez-vous des agriculteurs qui utilisent le compost de biodechet dans votre ComCom ?**
10. **Quelle est le coût de la récupération des biodéchets et déchets vert ? Qui paye ?**
11. **Observez-vous des saisonnalités ?**
12. **Avez des chiffres que vous pouvez me transmettre ?**

Les Boues de STEP, STEU

13. **Comment sont gérer les boues de STEU ?**
14. **Quels sont les capacités de stockage des STEU ?**
15. **Quelles sont les quantités produites ?**
16. **Où vont ces boues ?**
17. **Qui est le responsable de ces déchets ?**
18. **Comment est réfléchi le coût de traitement des boues ?**
19. **En termes d'épandage qui paye ? Comment est réfléchi l'épandage (proximité, agriculteurs décide) ?**
 - Optimisation du transport ?
 - Optimisation du volume ?
 - Contrainte autour de ces boues ?
20. **Observez-vous des saisonnalités ?**

Autres Questions

21. **Avez-vous des informations des bio déchets des GMS ou autres commerces ? Sont-ils recyclés ?**
22. **Comment voyez-vous l'évolution des quantités de biodechets ? (plus en plus de comosteur individuel ? démographie ?)**
23. **Réfléchissez-vous à d'autre projet de traitement de ces déchets ?**

Annexe 5 : guide entretien éleveur

Information générale entrée en amont

Nom Exploitant

Nom et statut de l'exploitation :

Adresse :

Type d'exploitation

AB :

Présentation du projet :

Je suis actuellement en stage de fin d'étude (Ecole d'agronomie) dans me département Innovation, Recherche et Développement au sein de la chambre d'agriculture Grand Est. Dans le cadre de mon stage je travaille sur le Projet Protterr financé par l'ADEME et coordonnée par l'INRA. Le but de ce projet est d'optimiser l'insertion de la matière organique dans les systèmes de culture et à l'échelle du territoire. Ainsi, j'effectue un diagnostic sur les gisements en matière organique et comment elle est utilisée dans la plaine du PETR RVGB de Artzenheim à Rumersheim-le Haut- et d'Eguisheim à Soultz.

Présentation de l'exploitation agricole

1. SAU total
2. Type d'animaux et nombre

Espèce	Type	Effectif si présent
Bovin lait	Vaches laitières	
	Veau femelle	
	Genisse-1	
	Génisses 1-2	
	Génisses +2 ans	
	Veau mâle	
	Mâle de -1an	
	Mâle de 1-2	
	Mâle + 2 ans	
Bovin Viande	Vaches allaitantes	
	Veau femelle	
	Genisse de -1an	
	Génisses 1-2 ans	
	Génisse +2ans	
	Veau mâle	
	Mâle de -1an	
	Mâle 1-2 ans	
	Mâle + de 2ans	
Porcs	Porcelets	
	Jeunes porcs de 20 à 50 Kg	
	Truies	
	Verrats	
Caprins	Chevrettes	
	Chèvres	
	Autres caprins	
Ovins	Agnelle	
	Brebis-mère	
	Autres ovins	
Equin	chevaux	
	poney	

3. Comment vos animaux sont-ils logés ? (aire paillées ?, étable entravée sur lisier ou avec paille ? logettes paillées ? logettes non paillées ?)

Production de matières organiques

4. Types d'effluents d'élevage produits et quelle quantité (t ou m3/an)

Type	Fumier	Lisier	Fiente	Autre
Oui/non				
Composté (oui/non) avec retournement				
Séparation de phases (oui/non)				
Quantité (t ou m3/an)				

5. Si fumier : taux de paille (ou combien de paille/jour ou/an) ?
6. Si lisier : dilution (quantité d'eau... ?) taille de tonne à lisier
7. Avez-vous des analyses des matières organiques produites ?
8. Si oui : Fréquence des analyses ?
9. Si non idée de la composition en N notamment ?

Stockage et épandage matières organiques

10. Comment stockez-vous vos effluents d'élevage ? combien de temps ?

	Fumier	Lisier	Fiente	Autre
Type de stockage				
Capacité de stockage				
Durée du stockage				

11. Où est-ce que vos effluents sont-ils épandus ? (ferme, chez voisin ?)
12. Comment choisissez-vous les parcelles qui vont recevoir un épandage (quel effluent sur quelle parcelle et pourquoi ?)
13. Prenez-vous en compte l'apport de vos effluents organiques dans vos plans de fumure ?

Gestion des épandages

Type	Fumier	Lisier	Fiente	Autre
Quantité épandue t/an (ou m3/an)				
SAU total recevant effluent				
Culture réceptrice (avec précédent)				
Dose épandage				
Date ? pourquoi ?				
Quantité N, P, K minéral en moins en fonction des effluents épandus				

14. Utilisez-vous d'autres produits organiques que vos effluents ? lesquels ? Pourquoi ?

Mise à disposition des produits organiques :

15. Est-ce que vous vendez vos effluents
16. Si oui, quel prix et à qui ?
17. Est-ce que vous échangez vos effluents ?
18. Si oui, contre quoi ?

Difficultés rencontrées et projet

19. Quelles sont vos principales difficultés concernant la gestion de vos effluents ? (*stockage, réglementation ...*)
20. Envisagez-vous d'utiliser d'autres produits organiques ?
21. Faites-vous de la méthanisation ? si non, est-ce que vous l'envisagez ?

22. Si oui, quelle quantité d'effluent incorporez-vous dans le méthaniseur ?

Annexe 6 : Azote théorique par type animal (JO, 2016)

A. – Production d'azote épandable par les herbivores, hors vaches laitières

Animaux	Production N unitaire
Herbivores	(kg d'azote/animal présent/an)
Vache nourrice, sans son veau	68
Femelle > 2 ans	54
Mâle > 2 ans	73
Femelle 1-2 ans, croissance	42,5
Mâle 1-2 ans, croissance	42,5
Bovin 1-2 ans, engraissement	40,5
Vache de réforme	40,5
Femelle < 1 an	25
Mâle 0-1 an, croissance	25
Mâle 0-1 an, engraissement	20
Broutard < 1 an, engraissement	27
Brebis viande et bélier	11
Brebis laitière	12

Animaux	Production N unitaire
Agnelle	6
Chèvre et bouc	11
Chevrette	5
Jument de trait suitée	66,5
Poulain de trait	50
Jument Sport et Loisir suitée	45
Cheval Sport et Loisir au travail	39
Poney AB (200 kg)	23
Poney CD (400 kg)	35
	(kg d'azote/place)
Place veau de boucherie	6,3
	(kg d'azote / animal produit)
Agneau engraisé produit	0,8
Chevreau engraisé produit	0,07

Poule	Pondeuse (reproductrice chair) standard (1)	362
	Pondeuse (reproductrice chair) label (1)	507
	Pondeuse (reproductrice ponte) (1)	324
	Pondeuse biologique (œufs)	365
	Pondeuse label (œufs)	373
	Pondeuse plein air (œufs)	365
	Pondeuse sol (œufs)	413
	Pondeuse standard (œufs) – cage, pré-séchage, hangar	436
	Pondeuse standard (œufs) – cage, séchoir	467
Poulet	Biologique (bâtiments fixes)	82
	Biologique (cabane mobile)	82
	Label (bâtiments fixes)	66
	Label (cabane mobile)	74
	Standard	28
	Standard certifié	45

(1) Les résultats sont exprimés par femelle présente (la part de l'excrétion du mâle est compris dans le résultat et donc à multiplier par le nombre de femelles).
(2) Les résultats sont exprimés par animal présent (donc à multiplier par le nombre total d'animaux (mâles + femelles)).

LAPINS	PRODUCTION D'AZOTE
	(kg d'azote/animal présent/an)
Lapine et sa suite, élevage naisseur engraisseur	3,46
Lapine et sa suite, élevage naisseur	1,04
	(kg d'azote/animal produit)
Lapin produit, élevage engraisseur	0,048

Production d'azote épendable par les porcins (kg d'azote/animal)

Animaux, par type de logement et de système de gestion des déjections	Production d'azote	
	Alimentation Standard	Alimentation Biphase (1)
Caillebotis seul (lisier standard)		
Truie reproductrice (kgN/animal présent/an)	17,4	14,3
Truie non productive (kgN/animal présent/an)	9,5	7,8
Porcelet post-sevrage (8 à 31 kg) (kgN/ animal produit)	0,44	0,39

Porc à l'engraissement produit (31 à 118 kg) (kgN/ animal produit)	3,17		2,60	
<i>Correction par kg de différence de poids d'abattage (2)</i>	<i>0,036</i>		<i>0,030</i>	
Caillebotis et raclage en V	(3) Sans compostage	(3) Avec compostage	(3) Sans compostage	(3) Avec compostage
Porc à l'engraissement produit (31 à 118 kg) (kgN/ animal produit)	3,38	2,90	2,76	2,37
<i>dont phase solide</i>	<i>1,92</i>	<i>1,44</i>	<i>1,57</i>	<i>1,18</i>
<i>dont phase liquide</i>	<i>1,46</i>	<i>1,46</i>	<i>1,19</i>	<i>1,19</i>
<i>Correction par kg de différence de poids d'abattage (2)</i>	<i>0,039</i>	<i>0,033</i>	<i>0,032</i>	<i>0,027</i>
Litière de paille accumulée	Sans compostage	Avec compostage	Sans compostage	Avec compostage
Truie reproductrice (kgN/animal présent/an)	14,4	12,1	12,6	10,7
Truie non productive (kgN/animal présent/an)	6,7	4,9	5,6	4,0
Porcelet post-sevrage (8 à 31 kg) (kgN/ animal produit)	0,31	0,22	0,29	0,20
Porc à l'engraissement produit (31 à 118 kg) (kgN/ animal produit)	2,23	1,62	1,88	1,33
<i>Correction par kg de différence de poids d'abattage (2)</i>	<i>0,026</i>	<i>0,019</i>	<i>0,022</i>	<i>0,015</i>

Annexe 7 : Quantités d'effluents d'élevage théoriques

Animal	Bâtiment	Description	Déjections	Référence	Unité
VA + Veau	Aire 100% paillée	Aire paillée intégrale avec trottoir autonettoyant	Fumier bovins viande	1.15	t / Animal / mois de présence
Bovin 0-1 an	AP + AE paillée	Aire paillée avec trottoir autonettoyant	Fumier bovins viande	0.37	t / Animal / mois de présence
	Lisier fosse extérieure	Bâtiment sur lisier avec raclage en fosse	Lisier raclé en fosse extérieure	0.45	m3 / Animal / mois de présence
Bovin 1-2 ans	AP + AE paillée	Aire paillée avec trottoir autonettoyant	Fumier bovins viande	0.72	t / Animal / mois de présence
	Lisier fosse extérieure	Bâtiment sur lisier avec raclage en fosse	Lisier raclé en fosse extérieure	0.9	m3 / Animal / mois de présence
Bovin 2 ans et +	AP + AE paillée	Aire paillée avec trottoir autonettoyant	Fumier bovins viande	0.82	t / Animal / mois de présence
	Lisier fosse extérieure	Bâtiment sur lisier avec raclage en fosse	Lisier raclé en fosse extérieure	1.12	m3 / Animal / mois de présence
Taurillons 0-6 M	Aire 100% paillée	Aire paillée avec trottoir autonettoyant	Fumier bovins viande	0.213	t / Animal / mois de présence
Taurillons 6-12 M	Aire 100% paillée	Aire paillée avec trottoir autonettoyant	Fumier bovins viande	0.4	t / Animal / mois de présence
	100% Lisier	Bâtiment lisier	Lisier bovins viande sur callebotis	0.45	m3 / Animal / mois de présence
Faurillons 1-2 ans	Aire 100% paillée	Aire paillée avec trottoir autonettoyant	Fumier bovins viande	0.65	t / Animal / mois de présence
	100% Lisier	Bâtiment lisier	Lisier bovins viande sur callebotis	0.75	m3 / Animal / mois de présence
Veaux	Case collective	Bâtiment paillé	Fumier bovins viande	1.95	t/Place
	Batterie	Bâtiment lisier	Lisier veaux de boucherie	2.6	m3/Place

Animal	Bâtiment	Description	Déjections	Référence	Unité
Poulet Std Lrd	Poulailler	Poulets standard lourds (40j) fumier	Fumier poulets, dindes après stockage	0.029	t / m2 / lot
Poulet Lrd Sexé	Poulailler	Poulets lourds sexés (52j) fumier	Fumier poulets, dindes après stockage	0.0315	t / m2 / lot
Poulet Certifié	Poulailler	Poulets Certifié (62j) fumier	Fumier poulets, dindes après stockage	0.035	t / m2 / lot
Poulet Label	Poulailler	Poulets Label (81j) fumier	Fumier poulets label et bio après stockage	0.038	t / m2 / lot
Poulet bio	Poulailler	Poulets Bio fumier	Fumier poulets label et bio après stockage	0.035	t / m2 / lot
Poulet Std leg	Poulailler	Poulet standard léger (export)	Fumier poulets, dindes après stockage	0.025	t / m2 / lot
Chapon	Poulailler	Chapon (fumier)	Fumier poulets, dindes après stockage	0.046	t / m2 / lot
Dinde	Poulailler	Dinde de chair (fumier)	Fumier poulets, dindes après stockage	0.064	t / m2 / lot
Dinde Rep	Poulailler	Dinde repro (fumier)	Fumier dindes repro : après stockage	0.057	t / m2 / lot
Dinde Fut Rep	Poulailler	Dinde future repro (fumier)	Fumier dindes futures repro : après stockage	0.041	t / m2 / lot
Pintade Std	Poulailler	Pintade standard (fumier)	Fumier pintades : après stockage	0.033	t / m2 / lot
Pintade Label	Poulailler	Pintade Label (fumier)	Fumier pintades : après stockage	0.043	t / m2 / lot
Animal	Bâtiment	Description	Déjections	Référence	Unité
Poulette Fut Re	Poulailler	Poulette Future repro (fumier)	Fumier poulettes : après stockage	0.0375	t / m2 / lot
Poulett Fut Pon	Poulailler	Poulette Future Pondeuse (fumier)	Fumier poulettes : après stockage	0.0565	t / m2 / lot
Canard PAG	Poulailler	Canard Prêt à gaver (fumier)	Fumier canards	0.023	t / m2 / lot
Canard Pékin	Poulailler	Canard Pékin (lisier)	Lisier Canards	0.066	m3 / m2 / lot
Canard barbarie	Poulailler	Canard barbarie (lisier)	Lisier Canards	0.121	m3 / m2 / lot
Poules pondeuses	Poulailler	Poules pondeuses Lisier	Lisier Poules pondeuses	0.04	m3 / place
	Poulailler	Fientes P 20% MS	Fientes de poules, humides	0.035	t / place
	Poulailler	Fientes P 40% MS	Fientes de poules sèches après pré-séchage	0.02	t / place
	Poulailler	Fientes P 75% MS	Fientes de poules sèches après séchage rapide	0.012	t / place
Poules Repro	Poulailler	Fumier	Fumier de poules Repro : après stockage	0.013	t / place

QUANTIFICATION PORCS

Animal	Bâtiment	Description	Déjections	Référence	Unité
Truie + suite	Porcherie	Truie + suite système naisseur engraisseur performances moyennes	Lisier de porc moyen non dilué	17.5	m3/truie/an
Truie seule	Porcherie	Truie seule (lisier)	Lisier maternité gestantes	7.5	m3/truie/an
	Porcherie	Truie sur paille (fumier)	Fumier truies gestantes	3	t/truie/an
Porc Charcutier	Porcherie	Nourrisoupe	Lisier porcs engraissement concentré	0.34	m3/PCP/an
	Porcherie	Machine à soupe	Lisier porcs préfosse engraissement	0.44	m3/PCP/an
	Porcherie	Concentrés	Lisier porcs moyen non dilué	0.685	m3/PCP/an
	Porcherie	Porc charcutier sur paille (fumier)	Fumier porc engraissement sur litière accumulée	0.3	t/PCP/an
	Porcherie	Porc charcutier sur sciure (fumier)	Fumier porc engraissement sur sciure	0.175	t/PCP/an
Porcelet	Porcherie	Post sevrage sur caillebotis (lisier)	Lisier porc moyen non dilué	0.08	m3/PSP/an
	Porcherie	Post sevrage sur paille (fumier)	Fumier porc engraissement sur litière accumulée	0.04	t/PSP/an

QUANTIFICATION AUTRES ANIMAUX

Animal	Bâtiment	Description	Déjections	Référence	Unité
Lapin	Lapinière	Lapinière sur lisier	Lisier lapins	0.5	m3/lapins/an
Ovin	Bergerie	Bâtiment lisier	Lisier ovins	1.3	m3/brebis/an
	Bergerie	Bâtiment fumier	Fumier ovins, caprins	1	t/brebis/an
Caprin	Bergerie	Bâtiment fumier	Fumier ovins, caprins	1	t/chèvre/an

Animal	Bâtiment	Description	Déjections	Référence	Unité
VACHE LAITIÈRE	Aire paillée	Aire paillée intégrale avec trottoir autonettoyant	Fumier aire de couchage paillée (vache)	1.35	t / VL / mois de présence
	Aire paillée + Aire d'exercice paillée	Aire paillée avec couloir d'exercice paillé et raclé régulièrement en fumière	Fumier aire de couchage paillée (vache)	0.7	t / VL / mois de présence
			Fumier raclage aire d'exercice paillée	0.7	t / VL / mois de présence
	Aire paillée + Aire d'exercice raclée	Aire paillée avec couloir d'exercice raclé régulièrement en fosse	Fumier aire de couchage paillée (vache)	0.7	t / VL / mois de présence
			Lisier VL fosse bâtiment	1.2	m3 / VL / mois de présence
Aire paillée + Aire d'exercice caillebotis	Aire paillée avec couloir d'exercice sur caillebotis et fosse sous bâtiment	Fumier aire de couchage paillée (vache)	0.7	t / VL / mois de présence	
		Lisier VL fosse bâtiment	0.95	m3 / VL / mois de présence	
Animal	Bâtiment	Description	Déjections	Référence	Unité
VACHE LAITIÈRE	Logettes paillées intégrales	Logettes paillées avec raclage régulier en fumière	Fumier logettes paillées vaches	1.75	t / VL / mois de présence
	Logettes raclées	Logettes avec raclage régulier du lisier en fosse	Lisier VL raclage logettes pur	2.25	m3 / VL / mois de présence
	Logettes caillebotis	Logettes sur caillebotis - fosse sous bâtiment	Lisier VL logettes caillebotis	1.8	m3 / VL / mois de présence
	Logettes paillées - raclées	Logettes paillées face à face ou logettes paillées dos à dos produisant fumier de raclage et lisier	Fumier logettes paillées vaches	0.87	t / VL / mois de présence
			Lisier VL raclage logettes pur	1.12	m3 / VL / mois de présence
Etable entravée	Etable paillée avec envoi régulier du fumier en fumière	Fumier raclage aire d'exercice paillée	0.95	t / VL / mois de présence	
		Purins	0.8	m3 / VL / mois de présence	

Annexe 8 : Guide entretien agriculteur non producteur de PRO

Guide d'entretien auprès des agriculteurs utilisateurs de PRO.

Objectif : Comprendre pour quoi et comment sont utilisés les PRO au sein des systèmes de culture de la plaine d'Alsace :

- Pourquoi ce PRO ? S'il n'est pas disponible quel autre PRO ?
- Sur quelle(s) culture(s) et pour quoi ? Quelles dates (et pourquoi), quelles doses (et pourquoi) ? Quelle fertilisation complémentaire ? Quelle(s) différence dans la fertilisation entre avec et sans PRO pour une même culture (par culture réceptrice) ?

Entretien auprès de différents types d'agriculteurs, avec différents modules de questionnaire en fonction des types de PRO utilisé :

- Compost de boue
- Compost de boue NFU
- Compost biodéchet
- Compost déchet vert
- Boue cellulosique
- vinasse
- Mixte
- Eleveur utilisateur de PRO non agricole

Nom agriculteur enquêté et coordonnées (essayer de récupérer tel et mail) :

Localisation EA :

Type EA :

Nom enquêteur :

Date entretien :

Présentation de l'enquêteur et de l'enquête

Je m'appelle Anaïs Gravier. Je suis actuellement stagiaire de fin d'étude (école d'agronomie de Nancy) et j'effectue mon stage au sein de la Chambre Régionale d'Agriculture Grand Est (CRAGE). Je réalise en ce moment une enquête auprès des agriculteurs de la plaine d'Alsace dans le Haut-Rhin sur une cinquantaine de communes d'Artzenheim à Rumersheim-le-Haut et d'Eguisheim à Soultz sur la thématique suivante : la fertilisation organique de ce secteur. Cette enquête s'inscrit dans le projet PROTERR, financé par l'ADEME et piloté par l'INRA. L'objectif est de connaître au mieux votre perception sur la fertilisation organique et vos pratiques en lien avec ce thème afin d'obtenir une réalité du terrain.

Je serai disponible tout mois de juin dans votre secteur, j'aurais souhaité vous rencontrer, l'enquête dure 1h, à quel moment est-ce possible de vous rencontrer chez vous ?

Sachez que les données personnelles resteront confidentielles, seules des synthèses agrégées de données pourront être diffusées. Les données serviront uniquement pour ce projet d'état des lieux.

La structure

- Pouvez-vous me présenter votre exploitation ?
 - a. UTH :
 - b. Assolement :
- Hectare total :

Cultures	SAU	RDT moy	Cultures	SAU	RDT moy
Maïs grain			Prairies permanentes		
Maïs ensilage			Prairies temporaires		
Blé d'hiver			Pommes de terre		
Colza			Légumes de plein champ (préciser):		
Orge d'hiver			Maraîchage sous serre (préciser):		
Orge de printemps			Jachère		
Soja			Vignes		
Tournesol (grain, semences)			Autres		
Autres céréales (seigle, avoine, épeautre, triticale, sorgho)			Autres :		
Betteraves sucrières			Autres :		

c. Succession :

Succession	Proportion SAU (%)	Type sol	Irrigué	Autre

Perception de ce qu'est la fertilisation

- 1) Pour vous, qu'est-ce qu'un sol fertile ? *Quelle différence faite vous entre un sol fertile et non fertile*
- 2) Comment pourriez-vous décrire les sols de votre exploitation (*contraintes/avantages*) ? *Sont-ils fertiles ?*

Pratique et raisonnement de la fertilisation

- 3) Comment fertilisez-vous vos cultures ?
- 4) Quels sont les types d'engrais ou amendement organique et minérale épandus ? D'où viennent-ils ? Comment les choisissez-vous ?
- 5) Où et quand épandez-vous vos fertilisant organique et minérale ? (*culture ? distance ? plan d'épandage?*)
Comment choisissez-vous la date d'épandage des PRO ?
Comment choisissez-vous la parcelle à épandre en PRO ?
- 6) Pouvez-vous me décrire les interventions types de fertilisation sur chacune de vos successions principales ? *Doses en minéral, en organique ? réduction si MO ? les dates ? Fréquences de retour pour chaque type de PRO épandu ?* (tableau ci-dessous)
- 7) Comment choisissez-vous ces doses ? Utilisez-vous des OAD ? Lesquels, pour quoi ? Si vous faites des analyses de reliquats sont-elles prises en compte ? Et des analyses de terre (et quels paramètres regardez-vous, pour en faire quoi) ?
- 8) Avec quel matériel sont épandus vos fertilisants organiques ? Qui fait l'épandage ? Quel est le débit de chantier (ha/h), la puissance des tracteurs ? (tableau ci-dessous)
- 9) Est-ce que les fertilisants organiques et minérales sont enfouis ? Si oui, avec quel outil, à quelle profondeur et à quel débit ? (tableau ci-dessous)
- 10) Connaissez-vous le coût lié à la fertilisation minérale ? organique ? c'est-à-dire du prix d'achat ? du prix d'épandage ? Si oui, pouvez me décrire le coût que représente l'apport de matière fertilisante minérale et organique à l'hectare ou à la tonne ?
- 11) *Stockez-vous des PRO sur votre exploitation ? Combien ? où ?*
- 12) Où trouvez-vous des infos sur la fertilisation ? Êtes-vous conseillé sur la fertilisation ? Par qui ? Que font-ils ? Suivez-vous les conseils ?
- 13) Rencontrez-vous des problèmes lié à l'épandage de PRO ? quelles sont-ils ? (*dispersion des parcelles, sols fragiles, portance des sols à l'épandage, tassement après épandage, odeurs, image négative, risque sanitaire, polluants, zones de protection de captage d'eau*) ?

Cultures (préc. – suiv.)	Type de sol	rendement	Type engrais ou amendement (minéral et organique)	Dose épandage (si PRO : en t brut ou m3/ha), (si minéral : en unités de N ou de P2O5 ou de K2O ou de SO3, ou bien en kg d'engrais : mais être clair)	Date	Fréquence de retour	Chantier épandage (puissance tracteur, épandeur, débit)	Enfouissement (outil, profondeur, débit)

--	--	--	--	--	--	--	--	--

Evolution des pratiques de fertilisation

- 1) Comment pensez-vous faire évoluer vos pratiques d'épandage de produit organique demain ? Motivations ?
- 2) Quelles matières organiques pourraient être utilisées selon vous ? Dans quelles conditions ? Pour quels objectifs ?
- 3) Quels autres types de matières organiques épandriez-vous si elles étaient disponibles ? Motivations ? (tableau)
- 4) Quels autres types de matières organiques n'épandriez-vous pas même si elles étaient disponibles ?

Type de PRO	Avis	Prêt à épandre sur vos terres ?	Sous quelles conditions (prix, qualité, distance...)
Compost de déchets verts			
Compost de boues			
Boues de collectivités			
Boues industrielles			
Digestats de méthanisation			
Effluents élevage (fumiers, lisiers...)			
Vinasses			
Effluent d'élevage			
autres			

- 5) Avez-vous d'autre remarque ? Quel est votre ressenti globale sur la fertilisation sur ce secteur et les autres agriculteurs ?
- 6) Connaissez-vous des agriculteurs céréaliers qui utilisent des PRO différents ?

Annexe 9: description échantillon Agrimieux Colline eau et territoire et Hardt eau vive.

Tableau 7. Répartition des agriculteurs enquêtés en effectifs

Opération	Groupe	Effectifs évaluation précédente	Effectifs évaluation 2014	Part des doubles actifs du groupe	% du nombre d'enquêtés	% sur l'ensemble du territoire
CET	Agri-viticulteurs	23 (1)	11 (0)	0%	18%	8%
	Céréaliers	21 (8)	12 (9)	75%	19%	13%
	Eleveurs	13 (0)	11 (0)	0%	18%	7%
	Total CET	57 (9)	34 (9)	26%	55%	29%
HEV	Céréaliers	59	24 (9)	38%	39%	48%
	Eleveurs	/	4 (0)	0%	6%	4%
	Total HEV	59	28 (9)	32%	45%	52%
Total		/	62 (18)	29%	100%	81%

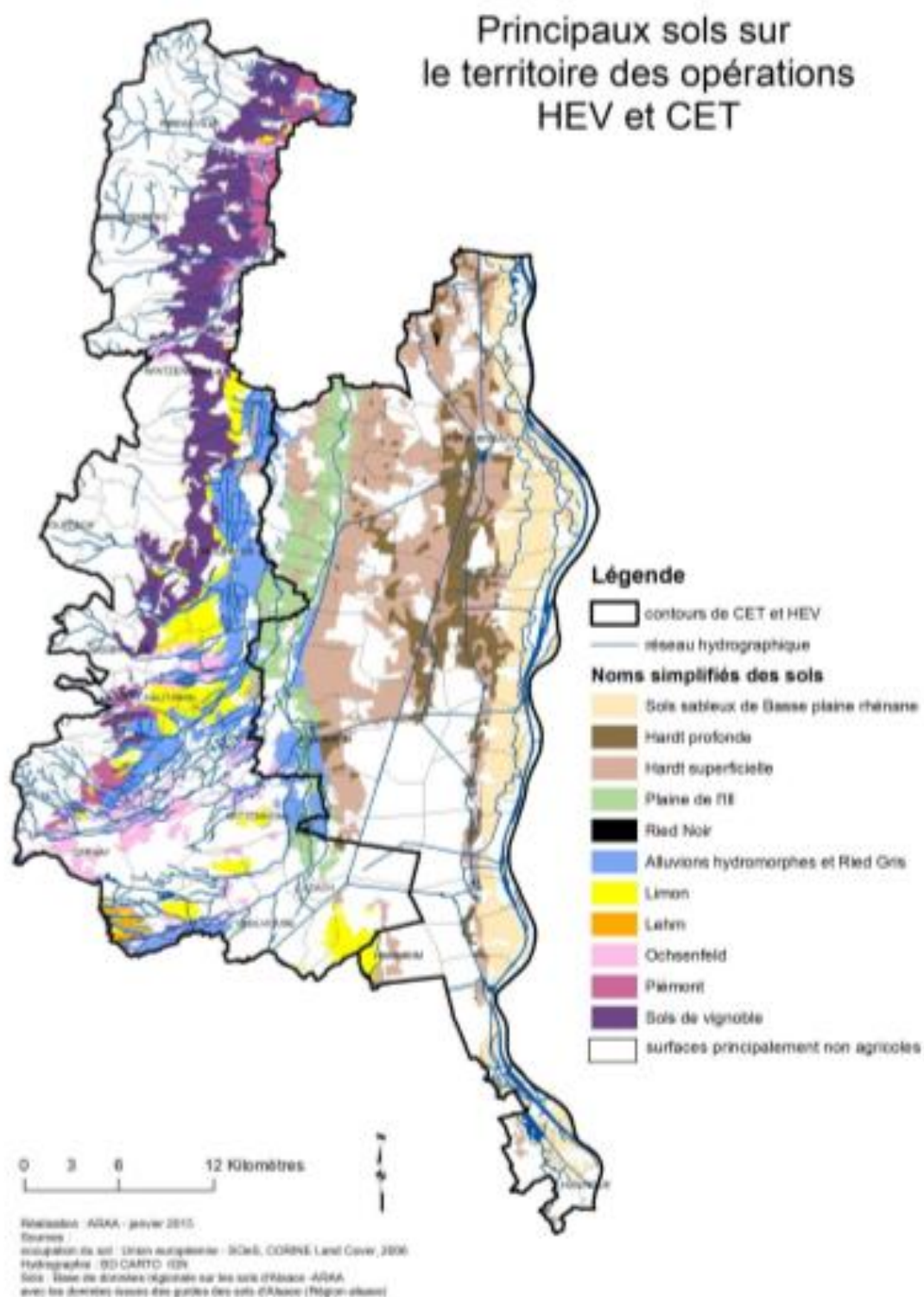
Valeurs entre parenthèses : effectifs de doubles actifs

Tableau 8. Répartition des agriculteurs enquêtés en surface

Opération	Groupe	SAU enquêtée (ha)	Part des doubles actifs du groupe	% de la surface enquêtée	SAU sur l'ensemble du territoire	% sur l'ensemble du territoire
CET	Agri-viticulteurs	346 (0)	0%	7%	3 384	7%
	Céréaliers	929 (465)	50%	19%	5 566	11%
	Eleveurs	1331 (0)	0%	27%	5 276	10%
	Total CET	2605 (465)	18%	53%	14 226	28%
HEV	Céréaliers	1886 (334)	18%	39%	31 329	62%
	Eleveurs	388 (0)	0%	8%	4 803	10%
	Total HEV	2274 (334)	15%	47%	36 132	72%
Total		4879 (799)	16%	100%	50358	100%

Valeurs entre parenthèses : surface chez les agriculteurs doubles actifs

Annexe 10: Principaux types de sols des opérations Hardt eau vive et Collines eau et terroirs



Annexe 11 : Composition PRO d'origine non-agricole (hors compost déchet vert et compost de biodéchet), SMRA68,2018

Rapport final de l'ESCO "Matières fertilisantes d'origine résiduaire" – octobre 2014

Tableau 2-1-7. Données de composition moyenne et/ou minimum-maximum des boues d'épuration urbaine (références françaises)

Matériau	pH	C/N	C %	MS % de MB sauf *	MO % de MB sauf *	MO	Clot	NTK	NTK	N-NH4	P	K	Mg	Ca
Boues urbaines	7,1 (6,3-7,4)	6 (5-8)	-	5,2 (1,4-5,2)	1,8 (0,96-3,7)	-	-	8,33 (6-10,1)	13,77* (10,89-16,23)	-	1,85 (1,4-2,6)	4,21 (2,4-7,8)	2,25 (0,7-4,2)	35,9 (15,7-100)
(<i>t en g / kg MS</i>)														
Boues urbaines chaulées	-	12,5	32,5	-	59* (2,97)	57,1* (0,6-211)	27,1* (0,89-52,3)	10,83 (5-29)	13,77* (10,89-16,23)	0,77* (0-7,45)	4,03* (0-4,4)	9,75* (0,15-10,1)	1,89* (0,1-4,22)	28,34* (2,1-199)
Boues urbaines deshydratées	6-8	4,5	-	-	-	24,9*	-	10,83 (5-29)	13,77* (10,89-16,23)	-	4,93 (0,5-12,3)	2,67 (0,92-6,9)	1,45 (0,6-2,5)	32,97 (12,8-66,9)
Boues urbaines épaissies	5,8-7,4	5,9 (4,6)	38,6 (36,9-40,3)	4,3-5,8	3,11 (2,5-3,6)	9 (7,4-12,8)	28,6* (14,7-38,1)	17,21* (1,18-55,7)	21,1* (0,01-1,2)	2,1* (0,01-1,2)	11,1* (0,41-55,3)	3,87* (0,41-12,8)	1,65* (0,23-6,39)	27,5* (2,4-157)
(<i>t en g / kg MS</i>)														
Boues urbaines épaissies chaulées	12-13	10,4 (6-12)	22,1 (17,7-29,4)	20-30	11 (8,2-17)	9,3 (7,7-13,2)	10,1*	10,1*	13,9* (1,1-43,2)	0,1* (0-0,26)	3,23 (2,4-5,54)	9,3 (4,9-11,1)	3,92 (3-6,5)	33,7 (25,8-48,7)
Boues urbaines physicochimiques, épaissies, chaulées	-	15,9 (13-18,8)	31,8 (27,9-35,7)	27,9	-	20,8* (16,1-26,5)	-	8,33 (6-10,1)	13,77* (10,89-16,23)	1,6* (0,8-2,5)	-	-	-	-

D'après Chambre d'Agriculture de Picardie (2001); A.N.D. International (2002); ADEME (2005); Pamaudeau et al. (2004)

Rapport final de l'ESCO "Matières fertilisantes d'origine résiduaire" – octobre 2014

Tableau 2-1-24. Données de composition moyenne et/ou minimum-maximum des composts français et Suisses (hors compostage à la ferme de déjections animales)

Matériau	pH	C/N	MS % de MB sauf *	MO % de MB sauf *	MO	Clot	NTK	NTK	N-NH4	P	K	Mg	Ca	
Compost de déchets verts	8 (4,8-9)	13,5 (9,1-45,1)	56,6 (36,1-74,7)	23,9 (15,7-32,7)	-	-	8,33 (6-10,1)	13,77* (10,89-16,23)	-	1,85 (1,4-2,6)	4,21 (2,4-7,8)	2,25 (0,7-4,2)	35,9 (15,7-100)	
(<i>t en g / kg MS</i>)														
Compost de boues	7,32 (4,8-6)	14,63 (6,6-65)	49,2 (28-86,9)	24,8 (15,5-34)	27,1* (17,3-47,7)	27,1* (0,89-52,3)	10,83 (5-29)	13,77* (10,89-16,23)	0,77* (0-7,45)	4,03* (0-4,4)	9,75* (0,15-10,1)	1,89* (0,1-4,22)	28,34* (2,1-199)	
(<i>t en g / kg MS</i>)														
Compost de biodéchets	8,51 (7,1-9,2)	13,07 (7,6-35,4)	62,29 (37,5-94,7)	29,3 (15,1-58,2)	24,1* (16,4-35,4)	24,1* (16,4-35,4)	10,1*	10,1*	13,9* (1,1-43,2)	0,1* (0-0,26)	3,23 (2,4-5,54)	9,3 (4,9-11,1)	3,92 (3-6,5)	33,7 (25,8-48,7)
Compost d'OM	8,24 (7,9)	16,6 (9,7-28)	65,7 (35-92)	20,7-23,5	4,4	4,4	16,5* (7,3-23,2)	16,5* (7,3-23,2)	-	1,68* (0,02-4,2)	3,5* (1,6-6,5)	0,94* (5,6-15,4)	-	-
(<i>t en g / kg MS</i>)														
Compost de digestats de biodéchets	-	15,23 (8,8-23,3)	57,34 (45,7-82,7)	30,6 (19,2-58,4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(<i>t en g / kg MS</i>)														
Compost de biodéchets (Suisse)	8,03 (7,2-8,7)	-	53,53 (28,2-73,4)	50,7* (31,6-96,1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(<i>t en g / kg MS</i>)														

D'après Chambre d'Agriculture de Picardie (2001); Ademe (2000, 2005, 2007, 2011); Zdzienicka et INERIS (2012); Houot et al. (2003); Kupper et Fuels (2007)

Annexe 12 : composition compost de biodéchet (SM4)

Type d'analyse	Valeurs limites				MOYENNE 2018	MOYENNE 2017
	NFU 44-051	ECO-LABEL	ASQA	AB		
CARACTERISATION AGRONOMIQUE						
	LOTS :					
Matière sèche sur brut	> 30 % sur MB	≥ 25% sur MB	≥ 50% sur MB		79,2%	70%
Matière organique sur brut	≥ 20 % sur MB	≥ 20 % sur MB	≥ 20 % sur MB		43,5%	38%
pH					7,9%	
Azote total	< 3 % sur MB	< 3 % sur MB			1,7%	2%
Azote nitrique					<0,001%	0
Azote amoniacal (N-NH4)					0,1%	0,1%
Azote organique (en % de N total / brut)	> 66 % N total	≥ 80 % N total			92,3%	86%
Azote uréique en % sur MB					<0,1%	<0,1%
Carbone Organique					21,7%	20%
Rapport C/N	> 8				13	13
Phosphore total en % sur MB	3%				0,9%	0,7%
Potassium total en % sur MB	3%				1,3%	1,1%
Calcium total en % sur MB					5,6%	4,4%
Magnésium total en % sur MB					0,6%	0,6%
N + P2O5 + K2O	< 7 % sur MB				3,8%	3,3%
E.T.M en mg/kg sur MS						
	LOTS :					
Cuivre	300	100	< 100	<70	60,9	76
Zinc	600	300	< 300	<200	187,5	189
Arsenic	18	10*	< 18		5,5	6
Cadmium	3	1	< 1	<0,7	0,5	0,5
Chrome	120	100	< 100	<70	31,4	33
Chrome VI				<0	<1	<1
Mercure	2	1	< 1	<0,4	<0,2	<0,2
Nickel	60	50	< 50	<25	17,2	17
Plomb	180	100	< 100	<45	33,9	36
Sélénium	12	1,5*	< 12		<1,5	< 1,5
INERTES						
	LOTS :					
Films + PSE > 5mm	< 0,3 % sur MS	< 0,5 % sur MS			0,10%	0,67
Plastiques durs > 5mm	< 0,8 % sur MS	< 0,5 % sur MS			0,07%	0,33
Plastique + Verres + métaux > 2mm	< 2 % sur MS	< 0,5 % sur MS	< 0,5 % sur MS		0,23%	0,67
COMPOSES TRACES ORGANIQUES						
	LOTS :					
Fluoranthène	4 mg/kg sur MS		4 mg/kg sur MS		0,73	#DIV/0!
Benzo[b]fluoranthène	2,5 mg/kg sur MS		2,5 mg/kg sur MS		0,15	#DIV/0!
Benzo[a]pyrène	1,5 mg/kg sur MS		1,5 mg/kg sur MS		0,05	#DIV/0!
HAP 16		6 mg/kg sur MS			3,34	< 6
AGENTS PATHOGENES						
	LOTS :					
Entérocoques	< 10 000 / gMB				3390	323
Escherichia coli	< 100 / gMB	< 1000 / gMB			<100	< 100
Listeria			Abs dans 25g		Absence	Absence
Salmonella	Abs dans 1 g	Abs dans 25 g	Abs dans 25g		Absence	Absence
Œufs d'helminthes	Abs dans 1,5 g	Abs dans 1,5 g	Abs dans 1,5 g		Absence	Absence
Graines viables (Adventices)		< 2u/L	< 2		Absence	Absence

Annexe 13 : Pourcentage d'azote disponible à court terme selon le PRO

Tableau 1.7 : Récapitulatif de la disponibilité de l'azote des différentes familles de PRO

Famille PRO	Origine PRO	Références	N disponible à court terme (N minéral frais + N minéralisé) % du Ntotal
Fumiers	Bovin	Institut de l'élevage, 2001	40,0
	Cheval	FIVAL, 2009	20,0 à 40,0
	Ovin	Institut de l'élevage, 2001	20,0
	Caprin	Institut de l'élevage, 2001	20,0
	Porcin	Institut de l'élevage, 2001	40,0
	Volailles	Institut de l'élevage, 2001	90,0
Lisiers	Bovin	Institut de l'élevage, 2001	70,0
	Porcin	Institut de l'élevage, 2001	80,0
Fientes	Volailles humides	Institut de l'élevage, 2001	90,0
	Volailles séchées	Institut de l'élevage, 2001	90,0
Boues	Digérées liquide	ADEME, 1996	45,0
	Digérées deshydratées chaulées	ADEME, 1996	40,0
	Digérées deshydratées séchées thermiquement	ADEME, 1996	35,0
Composts	Boues	ADEME, 1996	8,0
		ADEME, 2000	<20
		Leclerc et al, 2008	26,0
	Biodéchets	Leclerc et al, 2008	8,0
		COMIFER, 2013	10,0
	Ordures ménagères résiduelles	COMIFER, 2013 Butler, 2012	10 à 20
Déchets verts	Leclerc et al, 2008	9,0	
Digestats	Bruts	COMIFER, 2013	>80*
	Liquides	COMIFER, 2013	>45*
	Solides	COMIFER, 2013	>11*

*Correspond à la teneur en minéral du Ntot, les quantités d'azote disponible de ces PRO sont supérieure ou égales à la quantité de N minéral.

Type de boues	Matière sèche	N total*		P ₂ O ₅ total*	K ₂ O total*	CaO*	Matière organique*	Dose recommandée
		coefficient équivalent engrais variable	100 % équivalent engrais					
Boues liquides	3 %	2,0 kg	35 à 50 %	1,5 kg	0,2 kg	1,2 kg	20,7 kg	75 m ³ /ha
Boues séchées	86 %	32,5 kg	50 %	45,6 kg	7,6 kg	49,3 kg	408,9 kg	4 à 5 t/ha
Vinasses de distillerie	6 %	1,2 kg	10 %	1,5 kg	6,4 kg	0,9 kg	41,1 kg	40 m ³ /ha
Boues deshydratées chaulées	26 %	8,4 kg	50 %	4,5 kg	0,8 kg	89,6 kg	77,8 kg	15 à 20 t/ha
Boues compostées	55 %	13,3 kg	10 à 20 %	16,4 kg	5,3 kg	37,3 kg	253,75 kg	10 à 12 t/ha
Boues cellulosiques	56 %	1,3 kg	0 %	0,5 kg	0,3 kg	135,6 kg	184,5 kg	20 à 25 t/ha

*valeurs moyennes apportées par 1 m³ (boues liquides/vinasses) ou 1 tonne (autres) de boues brutes
Données issues des analyses réalisées en 2007 (Source SMRA68).

Annexe 14 : composition effluent bovin, porcin, fiente de volaille (CA67, 2018)

CA67

matière sèche	carbone	azote	ratio C/N	mat.organiques	ammoniaque	ratio	phosphore	potasse	chaux	magnésie
---------------	---------	-------	-----------	----------------	------------	-------	-----------	---------	-------	----------

Produits à minéralisation forte et rapide si Ratio > 30%

Fumier de bovins - aire ou pente paillée ou ét. Entravée

n = 86	%MS	C %	N %	C/N	MO %	N-NH4 %	N-NH4 / N	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %
moyenne	23,58	97,42	5,60	17,79	190,50	0,64	11,8%	3,06	8,45	5,70	2,13
médiane	21,75	88,90	5,10	17,96	174,50	0,49	0,09	2,65	7,38	4,77	1,87
CV	34,7%	35,0%	48,5%	22,7%	35,1%	88,2%	77,8%	62,2%	54,4%	56,7%	46,9%

fumier bovin - étable entravée

n = 12	MS	C	N	C/N	MO	NH4	N-NH4 / N	P2O5	K2O	CaO	MgO
moyenne	20,87	89,62	4,92	18,51	172,58	0,93	21,9%	2,79	6,00	4,79	2,02
médiane	20,60	84,60	4,85	18,59	157,00	1,00	0,23	2,52	5,76	4,66	1,88
CV	18,4%	18,6%	19,5%	13,3%	19,6%	45,4%	35,2%	41,6%	34,0%	40,2%	33,8%

Fumier de bovins - raclage ou logette (mou)

n = 76	MS	C	N	C/N	MO	NH4	N-NH4 / N	P2O5	K2O	CaO	MgO
moyenne	19,71	82,06	4,88	17,94	162,26	0,76	16,1%	2,91	5,68	4,81	1,98
médiane	18,95	79,70	4,63	17,32	153,00	0,73	0,16	2,63	5,17	4,19	1,68
CV	20,4%	20,7%	25,7%	28,1%	20,5%	59,0%	57,2%	42,3%	36,6%	45,8%	36,3%

Lisier de bovins

n = 267	%MS	C	N	C/N	MO	NH4	N-NH4 / N	P2O5	K2O	CaO	MgO
moyenne	6,90	29,24	2,73	10,64	56,53	1,01	38,2%	1,38	3,08	2,18	0,94
médiane	7,21	30,20	2,73	10,72	59,20	0,98	0,37	1,36	3,02	2,05	0,92
CV	48,9%	53,3%	38,4%	32,3%	52,1%	48,8%	28,8%	49,3%	39,8%	54,7%	42,1%

Lisier de porcins

n = 98	MS	C	N	C/N	MO	NH4	N-NH4 / N	P2O5	K2O	CaO	MgO
moyenne	3,80	13,72	3,93	3,33	27,19	2,22	58,4%	2,48	2,99	1,98	0,87
médiane	3,25	11,38	3,75	3,18	22,20	2,27	0,60	2,14	3,00	1,77	0,77
CV	65,2%	70,2%	38,0%	45,8%	69,8%	34,5%	18,4%	72,9%	44,4%	66,0%	68,1%

Fientes de volailles

n = 47	MS	C	N	C/N	MO	NH4	N-NH4 / N	P2O5	K2O	CaO	MgO
moyenne	57,38	193,21	27,08	7,72	297,92	3,15	17,4%	26,30	21,33	66,28	7,10
médiane	60,50	196,00	21,70	6,28	296,30	2,31	0,10	25,10	21,40	65,50	6,84
CV	38,1%	45,6%	52,6%	35,7%	62,0%	94,1%	109,2%	43,2%	38,8%	42,6%	43,9%

Annexe 15 : composition compost de déchet vert, lisier lapin, fumier équin, fumier ovin/caprin

(Dhaouadi, 2014)

Famille PRO	Origine PRO	Reference	MS	MO	Ntot	N min frais	C/N	P/O5	K/O
			%MB	%MS	%MS	%Ntot	%MS	%MS	
Fumiers	Bovin	Biomasse Normandie, 2002	25	75	2,2	X	17	1,0	2,9
		Institut de l'élevage, 2001	22	81	2,6	X	15,5	1,0	4,3
	Cheval	Biomasse Normandie, 2002	50	75	1,6	X	23,4	0,6	1,8
		FIVAL, 2009	35	78	1,4	11	27,8	0,9	2,4
		ITAB, 2001	54	76	1,5	X	25,3	0,6	1,7
	Ovin	Biomasse Normandie, 2002	30	75	2,2	X	17,0	1,4	3,7
		Institut de l'élevage, 2001	30	77	2,2	X	17,2	1,3	4,0
	Caprin	Biomasse Normandie, 2002	30	75	2,0	X	18,8	1,7	1,9
		Institut de l'élevage, 2001	45,0	80	1,4	X	29,5	1,2	1,6
	Porcin	Biomasse Normandie, 2002	25,0	75	1,6	X	23,4	1,3	1,4
		Institut de l'élevage, 2001	27,8	81	3,2	10,0	18,5	3,9	4,0
	Volailles	Biomasse Normandie, 2002	70,0	75	4,1	X	9,1	4,1	2,9
Institut de l'élevage, 2001		75,0	60	3,9	70,0	7,8	3,3	2,7	
Lisiers	Bovin	Biomasse Normandie, 2002	11,0	75	3,6	X	10,4	1,8	4,3
		Institut de l'élevage, 2001	11,0	83	4,6	40,0	9,0	1,5	3,3
	Porcin	Biomasse Normandie, 2002	6,0	75	8,3	X	4,5	6,7	5,0
		Institut de l'élevage, 2001	9,3	75	10,3	60,0	3,6	5,2	6,3
Fientes	Volailles humides	Institut de l'élevage, 2001	25,0	60	6,0	70	5,0	5,6	4,8
	Volailles séchées	Institut de l'élevage, 2001	80,0	60	5,0	70	6,0	5,0	3,5
Boues de STEP	Aérobies Liquide	ADEME, 1996	3,0	70	6,7 à 13,3	10 à 20	4 à 5	6,7 à 10,0	3,0
	Deshydratée Aérobie Anaérobie	ADEME 1996	15 à 22 18 à 25	50	3 à 5,5 1,5 à 3	<5	5 à 10		
						<5	5 à 10	3,3 à 5	0,4
	Deshydratées chaillées	ADEME, 2001	27,0	46	3,3	X	9,7	3,5	0,3
		ADEME, 1996	25,0	30,0	2,4 à 3,6	<10	8 à 11	2,4 à 4,0	0,4
		APCA, 2007	35	30	2,7	7	6		
Aérobies séchées thermiquement	ADEME, 1996	>90		3,5 à 6,0	10,0 à 15,0	6,0 à 7,5	x	x	
	APCA, 2007	95	55	4,5	2	6,1			
Composts	Boues	Leclerc et al, 2008	65	52,0	2,3	20,0	11,3	3,4	0,9
		ADEME, 2000	47	54	1,5	1,6	18	1,6	0,8
	Biodechets	INERIS, 2012 COMIFER, 2013	61,8	45,5	2,2	8	11,4	1,3	1,8
	Ordures menageres	INERIS, 2012 COMIFER, 2013	64,6	56,6	1,7	10	18,4	0,8	1,0
	Déchets verts	Leclerc et al, 2008	59,0	46,0	1,5	7,0	15,3	0,6	1,4
		ADEME, 2001	50,0	45,0	0,8	X	15,0	0,4	0,7
Digestats	Bruts	ADEME, 2011	x	x	6,5	75,0	9,1	2,8	7,0
	Liquides	ADEME, 2011	x	x	5,2	45,0	7,9	2,0	4,8
	Solides	ADEME, 2011	x	x	2,1	10,0	26,0	1,6	1,5

Annexe 16 : besoin N d'après la méthode de la directive nitrate 2015

Annexe 1 : Maïs

L'équation de la fertilisation azotée sur maïs s'écrit :

	Postes
Objectif de rendement	(1)
Coefficient	(2)
Azote non disponible	(3)
Besoins totaux (B)	[(1) x (2)] + (3)
Fournitures du sol	(4)
Contribution des fertilisants organiques	(5)
Effet précédent	(6)
Fournitures totales (F)	(4) + (5) + (6)
Dose d'azote à apporter	(B) - (F)
	kgN/ha

Avec les références suivantes :

Dép.	Soils	Poste (1) Objectif de rendement* (q/ha) Non irrigué / Irrigué	Poste (2) Azote non disponible (kgN/ha)	Poste (3) Fournitures du sol	Poste (4) Fournitures organiques (kgN/ha)
67	Limons sains et loess favorable	120	25	130	
67	Limons sains : Oure Foret et arrière Kochersberg	115	25	100	
67	Limons battant	110	25	80	
67	Sol sableux des rivières vosgiennes Nord	92	10	60	
67	Sol argileux des rivières vosgiennes Nord : conditions normales	107	20	80	
67	Sol sableux à limono-sableux des rivières vosgiennes Centre	92	10	90	
67	Sol argileux et bruch des rivières vosgiennes Centre : conditions normales	117	20	140	
67	Sol limono-sabo-argileux à limono-argileux des rivières vosgiennes Centre	102	117	90	
67	Ried brun caillouteux	127	20	105	
67	Ried gris Nord	100	120	80	
67	Ried argileux bande rhénane Nord	100	20	80	
67	Ried gris, ried noir, ried rhénan Sud	110	20	100	
67	Sol limono-sableux et sableux du Rhin	107	127	20	100
68	Ried brun	127	25	105	
68	Ried gris	117	25	100	
68	Ried noir	117	25	100	
68	Sol profond des sables du Rhin et de la Hardt	127	25	100	
68	Sol superficiel de Hardt	107	127	10	60
68	Pleine de Hill	127	25	100	
68	Ochsenfeld	92	117	10	70
68	Péhenort	107	25	100	
68	Stadgäu limon acide et battant	97	25	90	
68	Bas Sandgäu : limon calcaire sain	112	25	100	

* Pour l'objectif de rendement, n'utiliser ces références qu'en cas d'absence de références propres à l'exploitation

Pour le poste (5) – Contribution des fertilisants organiques, se référer à l'annexe 23 de cet arrêté.

Poste (6)	Pomme de terre	Citrou	Tabac brun ou Burley Feuilles	Ergatis vert ou CIPAN
Effet précédent (kgN/ha)	40	40	40	15

Somme l'effet lié à la culture précédente et l'effet lié à la culture intermédiaire

Annexe 4 : Blé

L'équation de la fertilisation azotée sur blé s'écrit :

	Postes
Objectif de rendement	(1)
Coefficient	(2)
Azote non disponible	(3)
Besoins totaux (B)	[(1) x (2)] + (3)
Reliquat sortie hiver (RSH)	(4)
Métabolisation du sol (Mh)	(5)
Contribution des fertilisants organiques	(6)
Effet précédent	(7)
Fournitures totales (F)	(4) + (5) + (6) + (7)
Dose d'azote à apporter	(B) - (F)
	kgN/ha

Avec les références suivantes :

Dép.	Soils	Poste (1) Objectif de rendement* (q/ha) Non irrigué / Irrigué	Poste (2) Azote non disponible (kgN/ha)	Poste (3) RSH	Poste (4) Mh	Poste (5) Mh
67	Limons sains et loess favorable	90	25	40	65	
67	Limons sains : Oure Foret et arrière Kochersberg	87	25	40	60	
67	Limons battant	82	25	40	50	
67	Sol sableux des rivières vosgiennes Nord	70	10	40	50	
67	Sol argileux des rivières vosgiennes Nord : conditions normales	80	20	40	40	
67	Sol sableux à limono-sableux des rivières vosgiennes Centre	80	10	40	40	
67	Sol argileux et bruch des rivières vosgiennes Centre : conditions normales	77	20	40	40	
67	Sol limono-sabo-argileux à limono-argileux des rivières vosgiennes Centre	80	92	20	40	50
67	Ried brun caillouteux	87	87	20	40	50
67	Ried gris Nord	75	75	20	40	50
67	Ried argileux bande rhénane Nord	77	20	40	40	40
67	Ried gris, ried noir, ried rhénan Sud	77	20	40	40	50
67	Sol limono-sableux et sableux du Rhin	87	87	25	40	50
68	Ried brun	82	25	40	50	
68	Ried gris	82	25	40	50	
68	Ried noir	87	25	40	50	
68	Sol profond des sables du Rhin et de la Hardt	87	25	40	50	
68	Sol superficiel de Hardt	77	77	10	20	30
68	Pleine de Hill	92	25	40	45	
68	Ochsenfeld	67	77	10	20	35
68	Péhenort	87	25	40	35	
68	Stadgäu limon acide et battant	82	25	40	45	
68	Bas Sandgäu : limon calcaire sain	87	25	40	50	

* Pour l'objectif de rendement, n'utiliser ces références qu'en cas d'absence de références propres à l'exploitation

Pour le poste (6) – Contribution des fertilisants organiques, se référer à l'annexe 23 de cet arrêté.

Poste (7)	Chou	Tabac Burley Feuilles	Soja	Pomme de terre	Betteraves	Colza	Préféragmeux	Céréales avec paille enlevée	Maïs fourrage	Tabac Virginie tige	Tomme-sol	Céréales avec paille enfouie	Maïs grain	Ergatis vert ou CIPAN
Effet précédent (kgN/ha)	40	40	30	30	20	20	20	0	0	0	0	-20	-25	15

Somme l'effet lié à la culture précédente et l'effet lié à la culture intermédiaire

Annexe 17 : besoin P et K d'après la méthode Comifer, 2009

Espèce	Organe	% Mat. Sèche récolte ⁽¹⁾	Unité de teneur ⁽²⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
● Avoine	grain	85	kg / q	0.75	0.45	0.12
	paille ⁽³⁾	86	kg / t	3.00	12.0	1.00 ⁽⁴⁾
● Betterave sucrière	racine	16% sucre	kg / t	0.50	1.80	0.35
● Blé dur	grain	85	kg / q	0.85	0.45	0.19
● Blé tendre	grain	85	kg / q	0.65	0.50	0.12
● Blé	paille	88	kg / t	1.70	12.3	0.85
● Chicorée	racine	20	kg / t	0.80	4.50	0.30
● Colza	grain	91	kg / q	1.25	0.85	0.35
	paille	88	kg / t	1.70	14.5	0.75
● Féverole	grain	86	kg / q	1.20	1.30	0.23
● Lentille	grain	86	kg / q	0.90	-	-
● Lin	grain	91	kg / q	1.35	0.80	0.55
	tige rouie	100	kg / t	2.05	7.20	1.30
● Lupin	grain	86	kg / q	0.75	1.05	0.25
● Maïs	épi entier	81	kg / q	0.65	0.45	0.14
	grain	85	kg / q	0.60	0.55	0.13
● Millet	grain	85	kg / q	0.60	-	-
● Orge	grain	85	kg / q	0.65	0.55	0.15
	paille	88	kg / t	1.00	12.9	0.75
● Pois	grain	86	kg / q	0.80	1.15	0.18
	paille	88	kg / t	2.10	19.0	2.05
● Pois chiche	grain	86	kg / q	0.70	0.70	0.17
● Pomme de terre conso.	tubercule	20	kg / t	0.95	3.90	0.30
● Pomme de terre féculé	tubercule	26	kg / t	1.25	5.10	-
● Riz	grain ⁽⁵⁾	85	kg / q	0.60	0.30	-
● Seigle	grain	85	kg / q	0.65	0.45	0.16
	paille ⁽³⁾	86	kg / t	3.00	12.0	2.0 ⁽⁴⁾
● Soja	grain	86	kg / q	1.00	1.60	-
● Sorgho	grain	85	kg / q	0.70	0.35	-
● Tournesol	grain	91	kg / q	1.20	1.05	0.45
● Triticale	grain	85	kg / q	0.65	0.50	0.14
	paille ⁽³⁾	88	kg / t	2.00	10.0	2.0 ⁽⁴⁾
● Vesce	grain	85	kg / q	1.00	1.95	-
	paille	88	kg / t	2.00	12.7	1.30

(1) teneur de référence en MS pour l'organe considéré (conventionnelle ou habituelle à la récolte); cas particuliers de la betterave sucrière pour tenir compte de l'unité conventionnelle de mesure des rendements

(2) quantité de P₂O₅, K₂O ou MgO par unité de masse de matière végétale à la teneur en MS de référence; t = tonne métrique, q = quintal

(3) CORPEN, 1988, Bilan de l'azote à l'exploitation

(4) Düngerechweisung 2001 (tableau de référence réglementaire fédérale allemande)

(5) World Fertilizer Use Manual, IFA, 1992

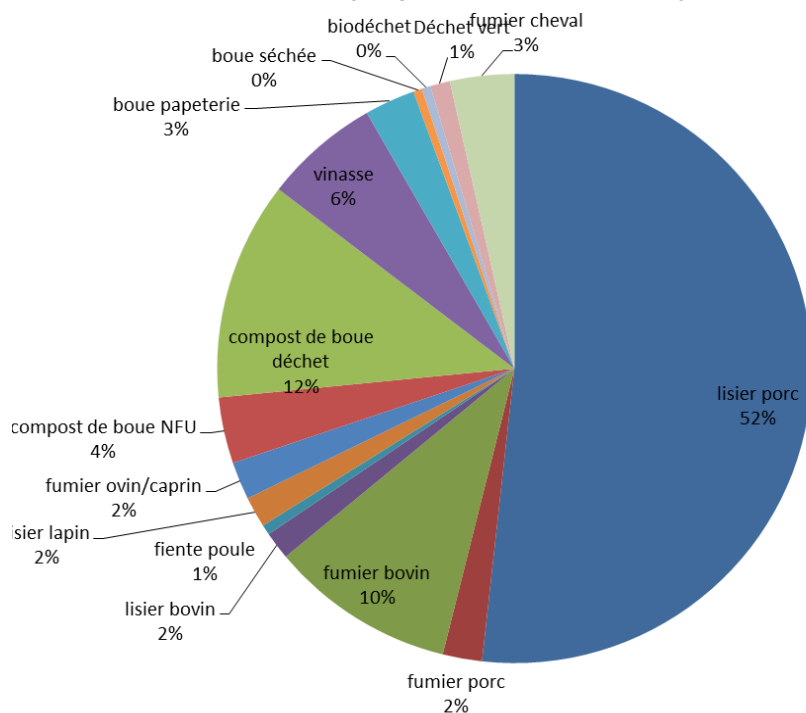
Annexe 18 : conduite sans PRO

			SOL	ha	superficiel irrigué	profond irrigué	plémont irrigué	plémont non irrigué	limon irrigué
CULTURE			ha		+++++	+++++	++	+	+
Maïs	18900	15 conduites			Maïs de maïs	Maïs de maïs	Maïs de maïs	Type EA céréalier poly	Maïs de maïs
					Maïs de blé+cipan	Maïs de blé+cipan	Maïs de blé+cipan	Maïs de blé+cipan	Maïs de blé+cipan
					Maïs de soja	Maïs de soja	Maïs de soja	Maïs de soja	Maïs de soja
Blé	2769	2 à 8 conduites			Blé de maïs	Blé de maïs	Blé de maïs	Blé de maïs	Blé de maïs
					Blé de soja	Blé de soja	Blé de soja	Blé de soja	Blé de soja
Soja	483	5 conduites			Soja	Soja	Soja	Soja	Soja
Betterave	346	2 conduites			Betterave (déconseillé si diamètre de galet >8-10 cm)	Betterave			
Maïs ensilage	219	1 conduite					Maïs ensilage : cf maïs grain sauf rendement et date récolte ?		
Tournecol semences	197	1 conduite					Tournecol semences		
Orge hiver	175	1 conduite					Orge hiver + cipan		
Miscanthus	159	1 conduite					Miscanthus		

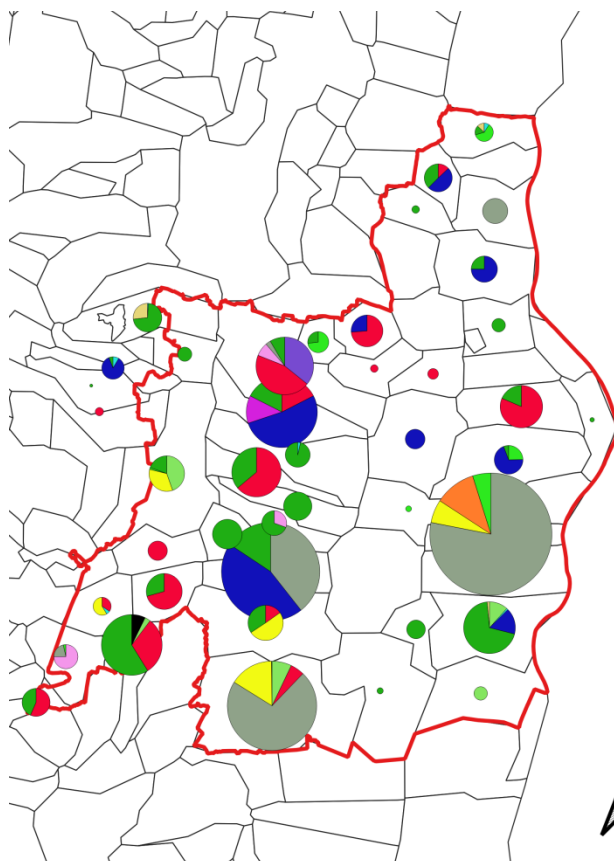
Annexe 19 : quantités brutes épandues sur le territoire

Type de PRO	quantité (m3 ou t) épandue	qtt/ha (moy pondérée)	surface épandue(ha)	temps de retour (années)	Surface avec temps de retour
lisier porc	33850	35	967	1	967
fumier porc	1400	20	70	3	210
fumier bovin	6600	22	300	4	1200
lisier bovin	1000	30	33	1	33
fiente poule	362	5	72	2	145
lisier lapin	1100	20	60	1	60
fumier ovin/caprin	1355	15	90	4	361
compost de boue NFU	2370	10	237	2	474
compost de boue déchet	7840	10	784	2	1568
vinasse	4130	35	118	2	236
boue papeterie	1800	20	90	2	180
boue séchée	311	3	104	2	207
biodéchet	316	20	16	2	32
Déchet vert	700	20	35	2	70
fumier cheval	2284	20	114	3	343

Quantité (m3 ou t) épandue sur le territoire
(moyenne entre 2016-2019)



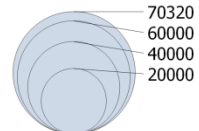
Annexe 20 : Répartition du phosphore et de la potasse des PRO épanchés sur le territoire



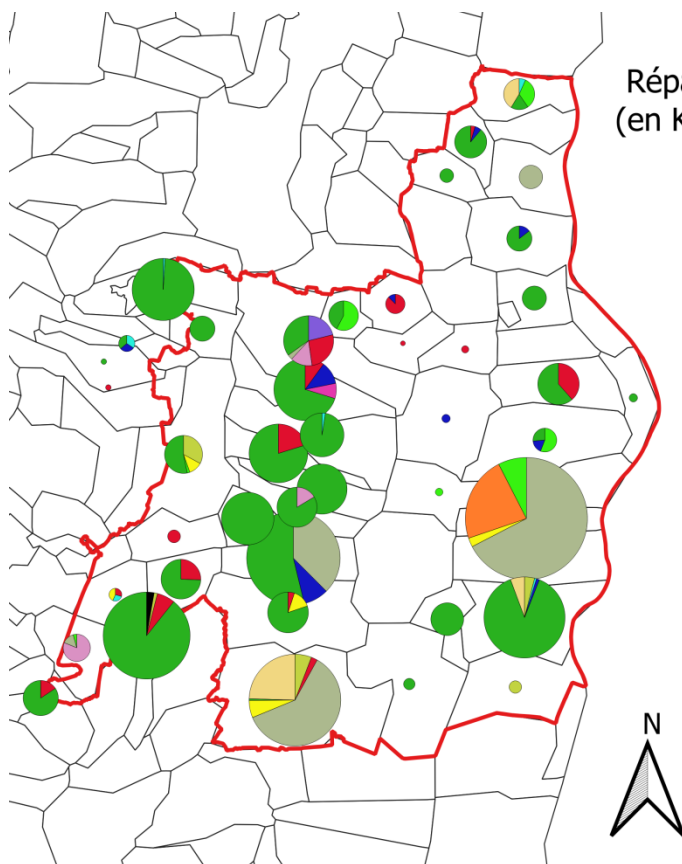
Répartition géographique du K2O totale (en Kg) des PRO épanchés sur le territoire pilote

Légende

- Limite territoire pilote
- Communes
- Boues séchées
- Compost de boue
- Lisier bovin
- Effluent viti-vinicole
- Fiente
- Lisier lapin
- Fumier ovin
- Lisier porcin
- Fumier porcin
- Boue cellulosique
- Fumier bovin
- Fumier équin
- Compost biodéchet
- Compost déchet vert



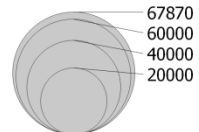
0 5 10 15 km



Répartition géographique du P2O2 total (en Kg) des PRO épanchés sur le territoire pilote

Légende

- Limite territoire pilote
- Communes
- Boues séchées
- Compost de boue
- Lisier bovin
- Effluent viti-vinicole
- Fiente
- Lisier lapin
- Fumier ovin
- Lisier porcin
- Fumier porcin
- Boue cellulosique
- Fumier bovin
- Fumier équin
- Compost biodéchet
- Compost déchet vert



0 5 10 15 km

Annexe 25 : pourcentage des cultures réceptrices de PRO

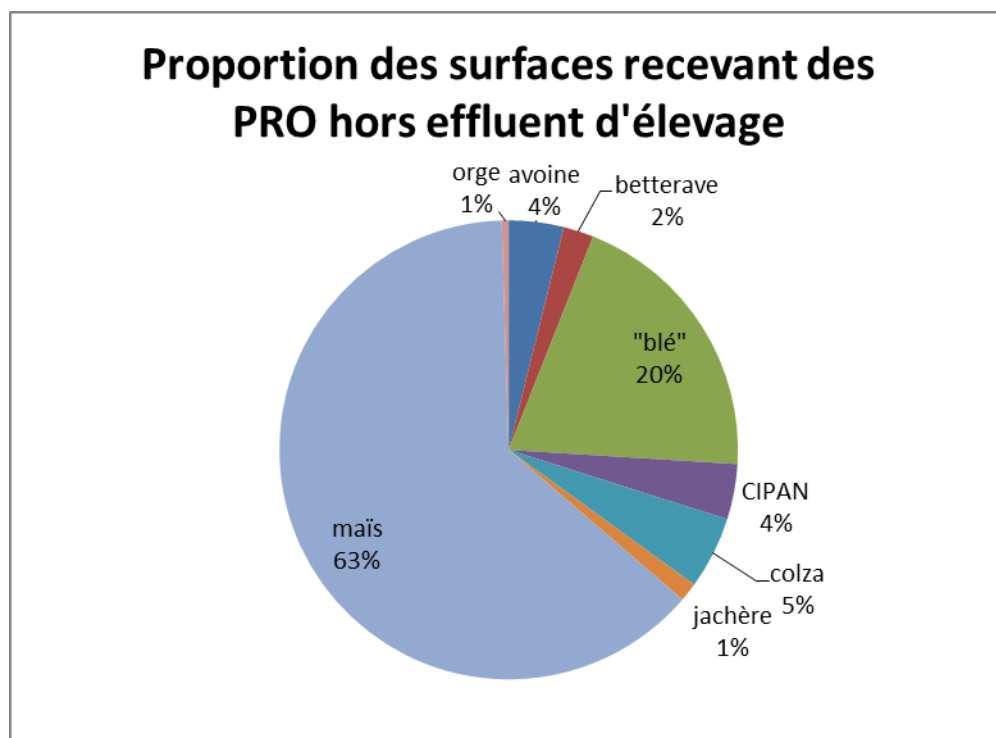
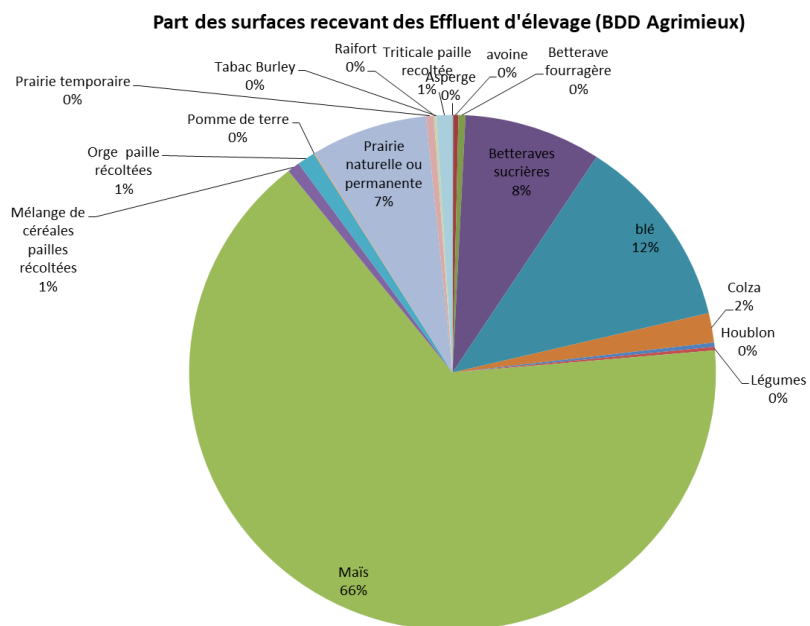


Figure 24: Source SMRA68, 2014

Annexe 26 : Doses moyennes épandues selon le PRO et leurs dates d'épandage

Type de PRO	type directive	qdt/ha (moy pondérée)	temps de retour	d'après la directive nitrates				réamés du territoire				ajustement N/ha	réduction PK année n			
				période épandage Mâis de mâis	période épandage Bâis de Mâis	période épandage Mâis de mâis	période épandage Bâis de Mâis	période épandage Mâis de mâis	période épandage Bâis de Mâis	période épandage Mâis de Mâis	période épandage Bâis de Mâis avec CIRAN					
lisier porc	type2	35	1	début février à fin juin	début février-fin septembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 31 janvier	mi-janvier à mi-novembre	avril-mai	avril-mai	avril-mai	avril-mai	avril-mai	non épandu	110	moins 70 UN	impasse PK année n
fumier porc	type1	20	3	mi-janvier à juin et septembre à novembre	mi-janvier à mi-novembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 15 janvier	mi-janvier à mi-décembre	octobre	octobre	octobre	octobre-novembre	octobre-novembre	non épandu	32	pas de réduction	impasse PK année n
fumier bovin	type1	22	3	mi-janvier à juin et septembre à novembre	mi-janvier à mi-novembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 15 janvier	mi-janvier à mi-décembre	octobre	octobre	octobre	octobre	octobre	mars-avril	44	moins 10 UN	impasse PK année n
lisier bovin	type2	30	1	février à juin	début février-fin septembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 31 janvier	mi-janvier à mi-novembre	avril-mai	avril-mai	avril-mai	avril-mai	avril-mai	mars-avril	57	moins 30 UN	impasse PK année n
fiente poule	type2	5	2	février à juin	début février-fin septembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 31 janvier	mi-janvier à mi-novembre	avril-mai	avril-mai	avril-mai	avril-mai	avril-mai	non épandu	122	moins 90 UN	impasse PK année n
lisier lapin	type2	20	1	février à juin	début février-fin septembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 31 janvier	mi-janvier à mi-novembre	avril-mai	avril-mai	avril-mai	avril-mai	avril-mai	non épandu	126	moins 100 UN	impasse PK année n
fumier ovin/caprin	type1	15	3	mi-janvier à juin et septembre à novembre	mi-janvier à mi-novembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 15 janvier	mi-janvier à mi-décembre	janvier-février	octobre	octobre	octobre	octobre	mars-avril	7	pas de réduction	impasse PK année n
compost de boue NFU	type1	10	2	mi-janvier à juin et septembre à novembre	mi-janvier à mi-novembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 15 janvier	mi-janvier à mi-décembre	octobre-novembre	octobre-novembre	octobre-novembre	octobre-novembre	octobre-novembre	non épandu	33	moins 20 UN	impasse PK année n
compost de boue déchet	type1	10	2	mi-janvier à juin et septembre à novembre	mi-janvier à mi-novembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 15 janvier	mi-janvier à mi-décembre	octobre-novembre	octobre-novembre	octobre-novembre	octobre-novembre	octobre-novembre	non épandu	27	moins 20 UN	impasse PK année n
vinaisse	type1	35	2	mi-janvier à juin et septembre à novembre	mi-janvier à mi-novembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 15 janvier	mi-janvier à mi-décembre	octobre-novembre	novembre	novembre	novembre	octobre-novembre	non épandu	11	moins 10 UN	impasse PK année n
boue papeterie	type1	20	2	mi-janvier à juin et septembre à novembre	mi-janvier à mi-novembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 15 janvier	mi-janvier à mi-décembre	août-décembre	août-décembre	août-décembre	août-décembre	août-décembre	non épandu	0	plus 20 UN	impasse PK année n
boue séchée	type2	3	2	février à juin	début février-fin septembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 31 janvier	mi-janvier à mi-novembre	mars-avril	avril	avril	avril	avril	non épandu	48	moins 40 UN	impasse PK année n
Compost de biodéchet	type1	20	2	mi-janvier à juin et septembre à novembre	mi-janvier à mi-novembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 15 janvier	mi-janvier à mi-décembre	octobre-novembre	octobre-novembre	octobre-novembre	octobre-novembre	octobre-novembre	non épandu	15	moins 10 UN	impasse PK année n
Compost de Déchet vert	type1	20	2	mi-janvier à juin et septembre à novembre	mi-janvier à mi-novembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 15 janvier	mi-janvier à mi-décembre	octobre-novembre	octobre-novembre	octobre-novembre	octobre-novembre	octobre-novembre	non épandu	30	moins 20 UN	impasse PK année n
fumier-cheval	type1	20	2	mi-janvier à juin et septembre à novembre	mi-janvier à mi-novembre	épandage interdit du 1/07 jusqu'à 15 jours avt implantation de la CIRAN et de 20 jours avant la destruction jusqu'au 15 janvier	mi-janvier à mi-décembre	octobre	octobre	octobre	octobre	octobre	non épandu	10	pas de réduction	impasse PK année n

Annexe 27 : Analyses des écarts à la dose en azote obtenus par enquête auprès des céréaliers utilisateurs de PRO hors effluent d'élevage.

n° agriculteur	réponses enquêtes				calcul			observation
	type de PRO utilisé	t ou m3 / ha	réduction N	réduction P et K	Azote total / ha	N disponible	N dispo année n	
1	DV	20	40	impasse	166	20%	33	0
2	boue séchée	3,2	45	impasse	161	30%	48	3
3	compost de boue	10	10	impasse	135	20%	27	17
4	compost de boue	10	20	impasse	135	20%	27	7
5	vinasse	35	20	impasse	56	20%	11	0
6	boue séchée	3,2	30-40	impasse	161	30%	48	10
7	compost de boue	10	20	impasse	135	20%	27	7
8	vinasse	35	20	impasse	56	20%	11	0
9	compost de boue NFU	10	20	impasse	168	20%	33	13
10	DV	20	20	impasse	166	20%	33	13
11	boue liquide	70	0	0	4	45%	2	2
12	compost de boue NFU	10	20	impasse	168	20%	33	13
13	boue papeterie	25	plus 20 U	impasse	50	0%	0	0
14	compost biodéchet	20	20	impasse	140	10%	14	0

Titre : Description de la gestion des produits résiduaux organiques sur un territoire de la plaine haut-rhinoise, dans le but de proposer des scénarios alternatifs de gestion

Résumé : Les produits résiduaux organiques (PRO) représentent des enjeux majeurs en termes agronomique, environnemental et sociétal. Le recyclage de ces matières, englobant de nombreux acteurs, permet de produire de la biomasse en valorisant les déchets et en réduisant les apports en engrais minéraux. C'est dans ce contexte que le projet PROTERR a été conçu afin de maximiser les bénéfices des PRO à l'échelle du système de culture et du territoire. Une partie de la plaine Haut-Rhinoise est, ainsi étudiée, afin de simuler les comportements des agents du territoire et les impacts économiques et environnementaux engendrés. L'outil utilisé est MAELIA qui doit être alimenté de données recueillies en amont. L'objectif de cette étude a donc été (1) de comprendre la demande en PRO (= le comportement des agriculteurs) et (2) l'offre en PRO (= les flux) sur ce territoire pilote, de formaliser les données afin de décrire la situation actuelle et (3) de proposer des scénarios alternatifs à évaluer. De nombreux acteurs ont été rencontrés pour récolter les informations. La formalisation de ces dernières, pour l'outil MAELIA, passe par la localisation et le fonctionnement de l'offre, la construction de règles logistiques définissant l'application ou non d'un PRO et la construction de règles de décisions décrivant les conduites des cultures avec PRO. Les résultats montrent que le territoire, est marqué par un manque en PRO par rapport à la demande, ce qui va se traduire par une gestion logistique dirigée essentiellement par l'offre. Néanmoins, des différences de conduites ont pu être notées entre les utilisateurs de PRO d'origine agricole et les utilisateurs de PRO d'origine non-agricole. La saisie de ces données permettront de simuler l'impact de la gestion actuelle des PRO, afin d'orienter les acteurs dans la conception de scénarios alternatifs, puis de sélectionner les scénarios les plus prometteurs suite à leur évaluation. En effet, les acteurs du territoire, tels que les pouvoirs publics et les agriculteurs, s'interrogent de plus en plus sur l'autonomie énergétique et sur l'autonomie en intrants. Des modifications pourront avoir lieu dans le paysage agricole. Par exemple, le développement de la méthanisation est un scénario en réflexion qu'il est important d'étudier à travers l'outil MAELIA encore en construction.

Mots-clés : Produit résiduaire organique, Plaine d'Alsace, MAELIA, PROTERR

Title: Description of the management of organic waste products located in the Haut-Rhin plain in order to propose alternative management scenarios

Abstract: Organic waste products represent major issues in agricultural, environmental and social terms. The recycling of these organic waste products (concerning many stakeholders) makes it possible to produce biomass by valuing waste and reducing the use of mineral fertilizers. In this context, the PROTERR project was created with the aim of maximizing the benefits of organic waste at the scale of the cropping system and the territory. One part of Alsace plain is thus studied in order to examine the behavior of the actors of the territory with respect to organic waste and to evaluate the economic and environmental impacts. These analyses will later on be carried out using the MAELIA tool, which requires a large amount of input data prepared on beforehand. For this purpose, the objective of this study was (1) to understand the demand (= farmer behavior) and the supply (= flows) of organic waste in this territory, (2) to collect and formalize data in order to describe the current situation and (3) to propose alternative scenarios to evaluate. Many actors were met to gather as much information as possible. The formalization of data such as the location of organic waste, the description of the functioning of organic waste supply, the construction of logistic rules defining the application or not of an organic waste on an agricultural field and the construction of decision rules describing the technical processes, is essential for the MAELIA tool. Thus, the results show that the territory, dominated by maize, is marked by a lack of organic waste in relation to the demand which is translated by a logistics management controlled mainly by the supply. Nevertheless, differences in behavior could be noted between users of agricultural waste and users of non-agricultural waste. The next phase will consist in entering the collected data and decision rules into the MAELIA-system in order to simulate the impact of the current management of organic waste and help stakeholders to work on alternative scenarios. For example, public authorities are increasingly questioning energy autonomy, particularly concerning digester. The MAELIA tool (which is still under construction) will make it possible to evaluate the impacts of such an installation on the territory.

Key words: Organic waste products, Alsace Plain, MAELIA, PROTERR