



HAL
open science

GESTE : GESTion Territorialisée des Effluents d'élevage

Sandrine Espagnol, Guilhem Anzalone, Angel Avadi, Nesrine Ayari, Vincent Blazy, Anne-Laure. Boulestreau-Boulay, Séverine Bourrin, Lorène Brosset, Alice Cadero, Soazig Di Bianco, et al.

► To cite this version:

Sandrine Espagnol, Guilhem Anzalone, Angel Avadi, Nesrine Ayari, Vincent Blazy, et al.. GESTE : GESTion Territorialisée des Effluents d'élevage. ADEME. 2025. <hal-04923739>

HAL Id: hal-04923739

<https://hal.science/hal-04923739v1>

Submitted on 31 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

GESTION TERRITORIALISÉE DES EFFLUENTS D'ÉLEVAGE (GESTE)

Outils pour faciliter l'émergence
et la mise en œuvre
sur le terrain d'opérations
de gestion collective

RAPPORT FINAL

Janvier 2025



EXPERTISES

REMERCIEMENTS

Sandrine Espagnol de l'Ifip-Institut du Porc, porteuse du projet GESTE, remercie :

Les partenaires techniques du projet (par ordre alphabétique) :	Le comité de pilotage (par ordre alphabétique)	
Guilhem Anzalone , Esa Angers Angel Avadi , CIRAD Nesrine Ayari , CDD Ifip ; Vincent Blazy , Itavi ; Anne-Laure Boulestreau-Boulay , Chambre d'agriculture des pays de la Loire ; Séverine Bourrin , Frcuma ; Lorène Brosset , Chambre d'agriculture des pays de la Loire ; Alice Cadero , CDD Inrae ; Soazig Di Bianco , Esa Angers ;	Sylvain Foray , Idele ; Florence Garcia-Launay , Inrae ; Anne-Lise Jacquot , Agrocampus Ouest ; Léonard Jarrige de la Sizeranne , Idele ; Céline Joly , Chambre d'agriculture des pays de la Loire ; Anne-Sophie Langlois , Chambre d'agriculture de Bretagne ; Jérôme Lenouvel , Frcuma ; Pascal Levasseur , Ifip ; Gilles Martel , Inrae.	Thierry Bioteau , INRAE ; Sophie Générmont , Inrae Jean-Paul Hamon , Chambre d'agriculture de Bretagne Sabine Houot , INRAE Aurélia Michaud , Inrae Fabienne Muller , ADEME Jean-Michel Noury , Ugpvb. Sonia Ramonteu , Acta ; Pierre Thiriet , Inrae

CITATIONS DE CE RAPPORT

Espagnol S., Anzalone G., Avadi A., Ayari N., Blazy V., Boulestreau-Boulay A-L., Bourrin S., Brosset L., Cadero A., Di Bianco S., Foray S., Garcia-Launay F., Jacquot A-L., Jarrige de la Sizeranne L., Joly C., Langlois A-S., Lenouvel J., Levasseur P., Martel G., 2023. Gestion collective des effluents d'élevage – GRAINE- GESTE GESTion Territorialisée des Effluents d'élevage – Elaboration d'outils pour en faciliter l'émergence et la mise en œuvre sur le terrain. Rapport, 75 pages

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01
Numéro de contrat : 1906C0018

Étude réalisée par Espagnol S. et Anzalone G., Avadi A., Ayari N., Blazy V., Boulestreau-Boulay A-L., Bourrin S., Brosset L., Cadero A., Di Bianco S., Foray S., Garcia-Launay F., Jacquot A-L., Jarrige de la Sizeranne L., Joly C., Langlois A-S., Lenouvel J., Levasseur P., Martel G pour ce projet financé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : ESPAGNOL Sandrine ; Ifip Institut du Porc
Appel à projet de recherche : GRAINE édition 2019

Coordination technique - ADEME : Fabienne Muller
Direction Economie Circulaire / Service : Service Valorisation des Déchets

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	5
ABSTRACT	6
1. CONTEXTE	7
2. ORGANISATION DU PROJET	8
3. ANALYSE TECHNICO-SOCIOLOGIQUE D'EXPERIENCES DE GESTION COLLECTIVE DES EFFLUENTS (LOT 1)	9
3.1. Enquête d'expériences de gestion collective des effluents d'élevage.....	9
3.1.1. Typologie des expériences	11
3.1.2. Enseignements de la phase 2 des enquêtes des expériences collectives de gestion des effluents.....	13
3.1.2.1. Forces et faiblesses.....	13
3.1.2.2. Opportunités et menaces.....	15
3.2. Analyse d'expériences d'autres pays (tâche 1.2).....	16
3.2.1. Procédés de traitement mis en œuvre à l'échelle européenne.....	17
3.2.2. Place du traitement collectif et des process adaptés à des grandes quantités d'effluents.....	17
3.3. Analyse des changements de pratiques des agriculteurs impliqués dans des solutions de gestion collective de leurs effluents (tâche 1.3)	22
3.3.1. Présentation des expériences de Vihiers et de Nozay	23
3.3.2. Profils des agriculteurs et trajectoire des initiatives.....	24
3.3.3. Effets sur les pratiques agronomiques et les dynamiques collectives.....	24
3.4. Enseignements du lot 1	25
3.4.1. Synthèse sur les freins et leviers tirés des travaux du lot 1 (résultats de l'atelier participatif).....	25
3.4.1.1. Leviers listés en ateliers participatifs	25
3.4.1.2. Freins identifiés en atelier participatif.....	26
3.4.2. Identification d'indicateurs de performances de la solution collective.....	28
4. FORMALISATION D'OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR LE CHOIX DE SOLUTIONS COLLECTIVES DE GESTION DES EFFLUENTS (LOT 2)	29
4.1. Caractérisation des procédés de traitement d'une solution collective (Tâche 2.1) 29	
4.1.1. Onze filières de gestion collective des effluents d'élevage	29
4.1.2. Paramètres de caractérisation des effluents	30
4.1.3. Matrices de transformation des unités de gestion collective	31
4.2. Production d'un simulateur de solutions collectives (Tâche 2.2)	34
4.2.1. Description du modèle	35
4.2.1.1. Classes du modèle.....	35
4.2.1.2. Principes et étapes de fonctionnement du modèle	36
4.2.1.3. Focus sur les plans d'épandage et la fertilisation.....	39
4.2.1.4. Focus sur l'implantation et l'alimentation des unités collectives	40
4.2.2. Résultats des simulations.....	40

5. CO-CONSTRUCTION D'UNE SOLUTION COLLECTIVE POUR UN TERRITOIRE PILOTE : CHATEAUBRIANT DERVAL (LOT 3)	43
5.1. Représentation partagée du territoire.....	43
5.2. Construction et test d'un jeu de rôle.....	46
6. PILOTAGE DU PROJET ET VALORISATIONS ISSUES DE CE TRAVAIL (LOT 4)	49
6.1. Animation	49
6.2. Guide technique 'Filières collectives de gestion des déjections animales et des digestats'	49
6.3. Jeu de rôle Fertilico.....	50
7. CONCLUSION / PERSPECTIVES.....	51
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	53
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES.....	54
SIGLES ET ACRONYMES	55
ANNEXE A : QUESTIONNAIRES D'ENQUETE SUR LES FREINS ET LEVIERS DES EXPERIENCES DE GESTION COLLECTIVES DES EFFLUENTS PREALABLES (TACHE 1.1).....	56
ANNEXE B : PROCEDES DE TRAITEMENT/GESTION DES EFFLUENTS DOMINANTS PAR PAYS ET FOCUS SUR LES PROCESS COLLECTIFS (TACHE 1.2).....	63
ANNEXE C : GUIDE D'ENTRETIEN ET GRILLE D'ANALYSE SUR LES DYNAMIQUES ENGAGEES ET LES CHANGEMENTS DE PRATIQUE (TACHE 1.3).....	70

RÉSUMÉ

L'épandage des effluents d'élevage en agriculture participe à la fertilisation des cultures et permet par ce recyclage d'économiser des engrais minéraux. Sur des territoires, des déséquilibres entre production et valorisation possible des effluents peuvent conduire à des impacts négatifs sur l'environnement. Une gestion collective permet d'envisager, des échanges entre fermes pour rééquilibrer les flux, ou un traitement collectif avec des co-produits exportables, voire une valorisation de biomasse produisant de l'énergie renouvelable. Sur le plan environnemental, la solution collective peut conduire à, des économies d'engrais minéraux, une réduction des flux vers l'air et l'eau, mais elle peut aussi engendrer plus de transport. Il est donc important d'être à même de faire un bilan préalable pour cerner les avantages et inconvénients sur un territoire donné. Dans ce contexte, le projet GESTE (GESTion Territorialisée des Effluents d'élevage) porté par l'IFIP vise à étudier les possibilités de gestion et de valorisation des effluents d'élevage à une échelle collective, en regardant si les impacts environnementaux peuvent ainsi être réduits à l'échelle du territoire. L'objectif du projet est de produire des outils pour favoriser l'émergence et la mise en œuvre de solutions de gestion collective des effluents, qui améliorent la durabilité des élevages et de leur territoire.

L'analyse d'une vingtaine d'expériences de gestion collective a permis d'identifier une liste de leviers et de freins. Les expériences se sont essentiellement construites autour de collectifs de 10 à 50 éleveurs à l'échelle de communauté de communes. La moitié d'entre elles portait sur la mise en place d'une unité de méthanisation collective, l'autre moitié était basée sur des échanges d'effluents ou de parcelles entre exploitations pour résorber des excédents. Un tiers seulement des expériences était encore en fonctionnement, les autres ayant été avortées lors de leur construction ou arrêtées après quelques années de fonctionnement. L'analyse a permis de lister 27 critères à prendre en compte pour évaluer si la configuration est favorable ou défavorable à une gestion collective des effluents, et pour lever, si possible, d'éventuels freins. Ces leviers et freins recouvrent des aspects environnementaux, financiers, réglementaires, d'acceptabilités sociales. Certains freins s'avèrent plus ou moins maîtrisables comme trouver un financement pour construire un méthaniseur collectif ou comme les contraintes réglementaires autour des plans d'épandage. D'autres peuvent davantage être gérés et devenir ainsi des leviers comme définir une gouvernance pérenne, ou veiller à apporter une plus-value aux éleveurs impliqués et quantifier les bénéfices pour les éleveurs et le territoire. Fort de ces constats, trois outils ont été construits par le projet pour permettre d'accompagner des territoires dans leur réflexion sur une gestion collective des effluents d'élevage. Le premier est une brochure technique qui liste les points d'attention à avoir lors de la mise en œuvre d'une gestion territoriale et les différentes options techniques (échanges, méthanisation, séparation de phase, ...). Chacune est décrite par rapport à ses objectifs, sa mise en œuvre, ses performances techniques et économiques. Cet outil peut être utilisé en première étape par des animateurs de territoire ou des groupes d'éleveurs. Le deuxième outil est un simulateur qui permet de tester l'incidence (implantation des unités collectives, alimentation et gestion des co-produits de traitement, transport, consommations d'énergie, émissions gazeuses en ammoniac et gaz à effet de serre) de la mise en place sur un territoire donné d'une solution de gestion collective des effluents d'élevage. Cet outil est adapté pour un collectif déjà constitué qui souhaite visualiser ce que donne une solution sur son territoire. Il faut fournir une description détaillée du territoire avec l'ensemble des exploitations agricoles et des parcelles, et le calcul se fait en lien avec l'IFIP ou INRAE. Le format du simulateur à l'issue du projet est générique pour tout type de territoire, mais est uniquement renseigné pour le territoire pilote de Chateaubriant-Derval. Ce territoire est une communauté de communes située au nord-est de la Loire-Atlantique, avec près de 700 exploitations agricoles (essentiellement avec un élevage tourné vers la production laitière et les bovins allaitants) et 60000 ha. Ce territoire pilote animé par la CRAPL a été associé à une démarche de co-construction participative ComMod avec INRAE pour répondre à un projet de méthanisation et de bilan en azote équilibré sur le territoire. Les résultats mettent en avant une grande diversité d'acteurs et de ressources impliqués. La construction et le test d'un jeu de rôle avec des étudiants de l'Institut Agro a permis d'identifier les éleveurs pouvant ou non participer à des échanges et d'identifier des changements dans la mobilisation d'un méthaniseur à la suite des échanges entre les agriculteurs. Des boîtes du jeu de rôle ont été produites. Elles peuvent être mobilisées par d'autres collectifs en troisième étape lorsqu'une solution de gestion collective est identifiée, pour voir comment les agriculteurs se l'approprient.

ABSTRACT

Manure spreading contributes to crop fertilization and saves on mineral fertilizers by recycling. In several areas, imbalances between manure production and the possibility of local use have a negative impact on the environment. Collective management is a solution for exchanging between farms to rebalance flows, or for building a collective treatment with exportable co-products, or even for valorizing biomass to produce renewable energy. From an environmental point of view, a collective solution can lead to savings in mineral fertilizers and a reduction in air and water flows, but it can also mean more transport. It is therefore important to assess the advantages and disadvantages for a given territory. In this context, the GESTE project aims to study the possibilities of managing and valorizing livestock manure on a collective scale, and to see whether environmental impacts can be reduced on a territorial scale. The aim of the project is to produce tools to encourage the emergence and implementation of collective manure management solutions that improve the sustainability of livestock farms and their local areas.

An analysis of twenty collective management experiments has enabled to identify a list of brakes and levers. The experiments were essentially built by groups of 10 to 50 farmers on the scale of municipality communities. Half of them concern a collective biogas unit, while the other half were based on exchanges of manure or plots between farms mainly for resorption. Only a third of the experiments were still working, the others having been aborted during construction or shut down after a few years. The analysis enabled to list 27 criteria that need to be taken into account to assess whether the configuration is favorable or unfavorable to collective manure management, and to remove any possible obstacles. These levers and obstacles cover environmental, financial, regulatory, and social acceptance aspects. Certain obstacles can be more or less overcome, such as finding the funding to build a collective biogas unit, or the regulatory constraints surrounding land-spreading plans. Others can be better managed and thus become levers, such as defining long-term governance, or ensuring that the project adds value for the farmers involved and quantifying the benefits for farmers and the territory. Based on these observations, three tools have been developed in the project to support local groups in their collective management of livestock manure. The first is a technical document listing the points to bear in mind when implementing territorial management and the various technical options (exchanges, methanization, phase separation, etc.). Each option is described in terms of its objectives, implementation, and technical and economic performance. This tool can be used as a first step by territory coordinators or groups of farmers. The second tool is a simulator that can be used to test the impact (in terms of setting up collective units, feeding and managing treatment co-products, transport, energy consumption, ammonia and greenhouse gas emissions) of implementing a collective manure management solution in a given area. This tool is suitable for a collective that has already been set up and wishes to visualize the results of a solution on its territory. A detailed description of the territory is required, including all farms and plots, and the calculation is carried out in conjunction with IFIP or INRAE. The simulator format at the end of the project is generic for all types of territory but is only provided for the Chateaubriant-Derval pilot territory. This territory is located in the north-east of the Loire-Atlantique region, with almost 700 farms (mainly dairy and suckler cattle) and 60,000 ha. This pilot area, run by the CRAPL, was involved in a ComMod participative co-construction process with INRAE to develop a methanization project and a balanced nitrogen balance for the area. The results highlight the wide range of players and resources involved. The construction and testing of a role-playing game with students from the Institut Agro made it possible to identify farmers who could or could not participate in exchanges, and to identify changes in the mobilization of a biogas unit following exchanges between farmers. Role-playing boxes have been produced. They can be used by other groups in the third stage, when a collective management solution is identified, to see how farmers appropriate it.

1. Contexte

L'épandage des effluents d'élevage en agriculture est une pratique ancienne qui participe à la fertilisation des cultures et qui permet par ce recyclage d'économiser des engrais minéraux. Cette pratique vertueuse doit se faire en fonction des capacités du milieu. Sur des territoires, des déséquilibres entre la production d'effluents des élevages et la possibilité de valorisation par les cultures peuvent conduire à des impacts négatifs sur l'environnement. Les déséquilibres peuvent être à l'échelle d'exploitations isolées ou globaux à l'échelle de territoires avec une forte densité animale. Dans les deux cas, une gestion collective peut s'avérer annonciatrice de progrès en imaginant, réciproquement, des échanges entre fermes pour rééquilibrer entre les productions d'effluents et leur valorisation, ou un traitement collectif qui permette de générer une forme de co-produits exportables. Un traitement collectif peut aussi être l'opportunité de valoriser une biomasse du territoire en produisant de l'énergie renouvelable par exemple. Les bénéfices environnementaux attendus de formes de gestion collective peuvent être associés à des économies d'engrais minéraux, une réduction des risques de pertes d'azote et de phosphore qui nuisent à la qualité de l'eau et de l'air environnants, une réduction des émissions gazeuses sous forme d'ammoniac ou de gaz à effet de serre. A l'inverse, la gestion collective peut engendrer une augmentation du transport et donc une plus forte consommation en énergie. Il est donc important d'être à même de faire un bilan préalable pour cerner les avantages et inconvénients d'une gestion collective des effluents sur un territoire donné.

C'est dans ce contexte de besoins et de questionnement que le projet **GESTE (GESTion Territorialisée des Effluents d'élevage)** vise à étudier les possibilités de gestion et de valorisation des effluents d'élevage à une échelle collective, en regardant si les impacts environnementaux peuvent ainsi être réduits à l'échelle du territoire. L'objectif technique du projet est de produire des outils pour favoriser l'émergence et la mise en œuvre de solutions de gestion collective des effluents, qui améliorent la durabilité des élevages et de leur territoire. Pour y parvenir, l'objectif scientifique est de tester le format d'outils et leur mobilisation avec des acteurs dans des processus de co-construction. Pour les territoires, l'enjeu du projet est de solutionner des problèmes d'excédents relatifs en éléments d'origine animale (N et P principalement), notamment en améliorant la qualité de l'eau, et également en participant à la production d'énergie renouvelable.

Quelques précisions sur le périmètre de travail de GESTE :

- En termes de ressources mobilisées dans les solutions collectives, le projet GESTE s'intéresse en premier lieu aux effluents d'élevage. Ces derniers représentent chaque année en France 120 millions de tonnes de matière brute, 24,2 Mt de matière sèche et 19,4 Mt de matière organique. Le projet aborde aussi à la marge d'autres ressources lorsque la gestion collective en mobilise ; c'est le cas de la méthanisation qui utilise en complément des effluents d'élevage une ration de déchets.
- Le principal terrain d'expérimentations du projet GESTE porte sur le Grand Ouest de la France où des déséquilibres territoriaux importants existent entre la production d'effluents et les surfaces disponibles pour les valoriser. Pour autant, des expériences collectives d'autres territoires en France ont été considérées, et même si les outils produits par le projet ont été à ce stade davantage paramétrés sur des territoires de l'Ouest, leur format est générique et peut s'adresser à d'autres types de territoire.
- Plusieurs solutions de gestion des effluents sont évaluées dans le projet GESTE, seules ou combinées : échanges d'effluents entre fermes, transport des effluents sur longue distance, séparation de phases, méthanisation, compostage, traitement biologique par nitrification / dénitrification, et traitements physico-physiques.
- Le projet couvre plusieurs volets avec les performances environnementales (émissions de gaz à effet de serre, consommation d'énergie, émissions d'ammoniac, rejets d'azote et de phosphore), et les aspects économiques et sociaux, avec le niveau d'acceptabilité des solutions testées (odeurs, trafic routier).

2. Organisation du projet

Le projet est organisé en quatre lots (Figure 1.).

- Le **lot 1** analyse techniquement, économiquement et sociologiquement les expériences préalables et en cours de gestion collective des effluents.
- Le **lot 2** formalise des outils biotechniques d'aide à la décision pour le choix de solutions collectives de gestion des effluents.
- Le **lot 3** construit une solution de gestion collective des effluents d'élevage pour un territoire pilote volontaire en associant les acteurs du territoire.
- Le **lot 4** coordonne les différents travaux des lots et valorise les résultats du projet.

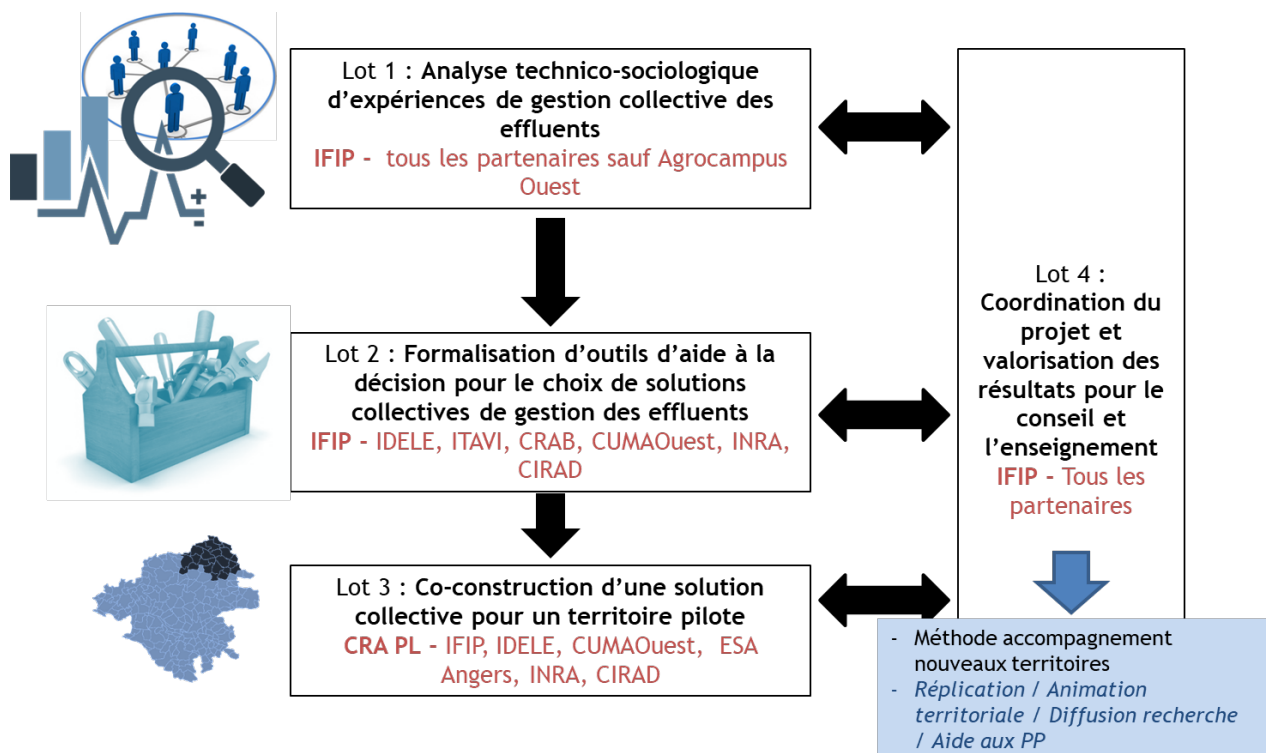


Figure 1. Lots du projet GESTE

3. Analyse technico-sociologique d'expériences de gestion collective des effluents (Lot 1)

L'analyse technico-sociologique d'expériences de gestion collective des effluents a pour but d'identifier les critères à prendre en compte pour évaluer la durabilité d'une solution de gestion collective. Ces derniers porteront à la fois sur les caractéristiques techniques de la solution (taille des unités collectives...), leurs incidences (trafic, odeurs), mais également sur la façon de mobiliser les acteurs de la solution collective et du territoire d'implantation.

3.1. Enquête d'expériences de gestion collective des effluents d'élevage

Tableau 1. Liste des expériences de gestion collective sollicitées dans la tâche 1.1 et ayant répondu à l'enquête de phase 1 et phase 2 (en rose)

GEOTEXIA MENE	Saint Gilles du Méné (22)	Unité de méthanisation collective. La production d'électricité contribue au pacte électrique breton et le bois plaquettes issu des taillis à très courte rotation de saule est valorisé dans les chaufferies installées dans les communes à proximité.
GIE Terr'Eau	Pays de Vitré (35)	Groupe d'agriculteurs avec un projet de plan d'épandage collectif et exportation vers d'autres cantons.
Ferti'Echange	Ille et Vilaine (35) et côtes d'Armor (22)	Ferti-échange est un service proposé par la Chambre d'agriculture d'Ille et Vilaine qui a pour objectif de mettre en relation les agriculteurs qui recherchent des surfaces d'épandage avec ceux qui recherchent des fertilisants organiques.
Méthanisation territoriale	Saint Brice en Coglès (35)	Analyse cartographique pour décider du nombre d'unités de méthanisation collectives et de leurs lieux d'implantation sur un territoire
GIEE méthaniseurs de Bretagne	Bretagne	Groupement d'intérêt économique et environnemental (35 agriculteurs) ayant pour ambition d'acquérir de meilleures techniques pour valoriser les digestats de méthanisation et servir de démonstration.
BV Douarnenez	BV Douarnenez (29)	Mise en relations des agriculteurs du BV de Douarnenez (agriculteurs excédentaires et déficitaires en azote) et élaboration d'un plan d'épandage collectif. Mise en action une année seulement.
Optimisation épandage via une CUMA	Guer - Morbihan (56)	Au travers la CUMA, arrangement d'agriculteurs pour optimiser les épandages de lisier par des échanges parcellaires. Expérimentation d'échange d'effluents.
Méthanisation collective	Martigné Ferchaud (35)	Unité de méthanisation collective.

Méthanisation Vihiers	Saint Hilaire du Bois (49)	SAS Bioénergie, un projet de méthanisation 100 % agricole, totalement autonome avec l'implication de 100 exploitants
Fresnaye Expérimentation	Côtes d'Armor (22)	Système d'échange local, entre fournisseurs et demandeurs de lisier, utilisant, via un service Internet, un module d'annonce (Fertilien) rattaché à un outil cartographique en ligne (Semafor) dans le cadre du plan algues vertes et de l'expérimentation d'une mise à jour simplifiée et dématérialisée des plans d'épandage en partenariat avec la Dreal.
Cooperl	Côtes d'Armor (22)	Raclage en V - méthanisation - production d'engrais
IF2O		L'association IF2O, Interprofession des Fertilisants Organiques de l'Ouest, fédère des entreprises bretonnes comme Nutréo, chargée de la valorisation et du transfert de fertilisants organiques. Dans ce cadre, l'association vous propose une démarche qualité au niveau de la fabrication à la ferme.
BV Vitré Simeval	Vitré (35)	Expérience collective - banque déjections pour petits excédents
Cuma Bel-Air (stage Andréa)	Vienne (86)	Atelier d'élevage de porc en collectif et unité de méthanisation collective
Fertil'Eveil (stage Itavi ATT EC)	Vendée (85)	Gestion mutualisée d'effluents de volailles (compostage et exportation) en Vendée par le consortium Coop'Eveil, Fertil'Eveil et Zen Nature
GIEE lié à la CUMA du Layout	Pyrénées atlantiques (64)	Mutualisation de la gestion des effluents d'une unité de méthanisation et mise en place d'un plan prévisionnel de fumure multi-site (CIVE)
GIEE lié au GIE OPTI-DIGEST	2 sèvres (79)	Mutualisation du transport de digestat, sur le matériel d'épandage des digestats, optimiser l'utilisation du digestat issus du méthaniseur
GABIR	La Réunion	Gestion Agricole des Biomasses à l'échelle de la Réunion : vers des outils de mobilisation collective et de prospective pour une agriculture circulaire
Fertilisier	Bretagne	Expérience pilotée par la CRAB. Mise en place d'une plateforme sur minitel d'échange de lisier

A l'issue des deux phases d'enquête, une typologie des expériences a été réalisée et un focus particulier a été fait grâce aux entretiens de phase 2 pour mettre en exergue et illustrer avec des cas, les leviers et freins de ces expériences.

Une synthèse des arguments, concernant les forces, faiblesses, opportunités, menaces, tirés de la phase 2 de l'enquête des expériences collectives a été réalisée.

3.1.1. Typologie des expériences

A l'issue de l'enquête en phase 1, 26 expériences ont répondu. Ces dernières peuvent être caractérisées dans un premier temps par quelques critères illustrés dans la Figure 2.

Les expériences peuvent être en cours (étape de montage ou en fonctionnement), avortées ou arrêtées après une période de fonctionnement. Elles peuvent être portées par des collectifs d'agriculteurs, des structures de conseil, la recherche-développement, ou encore l'industrie. Elles sont soit de petite dimension avec des collectifs de moins de 20 éleveurs, ou concerner des collectifs plus importants. Enfin, en termes d'objectif, ces derniers peuvent être liés à un besoin d'équilibre de la fertilisation entre agriculteurs, ou un besoin de résorption, ou une volonté de produire de l'énergie renouvelable ou une combinaison de plusieurs de ces objectifs.

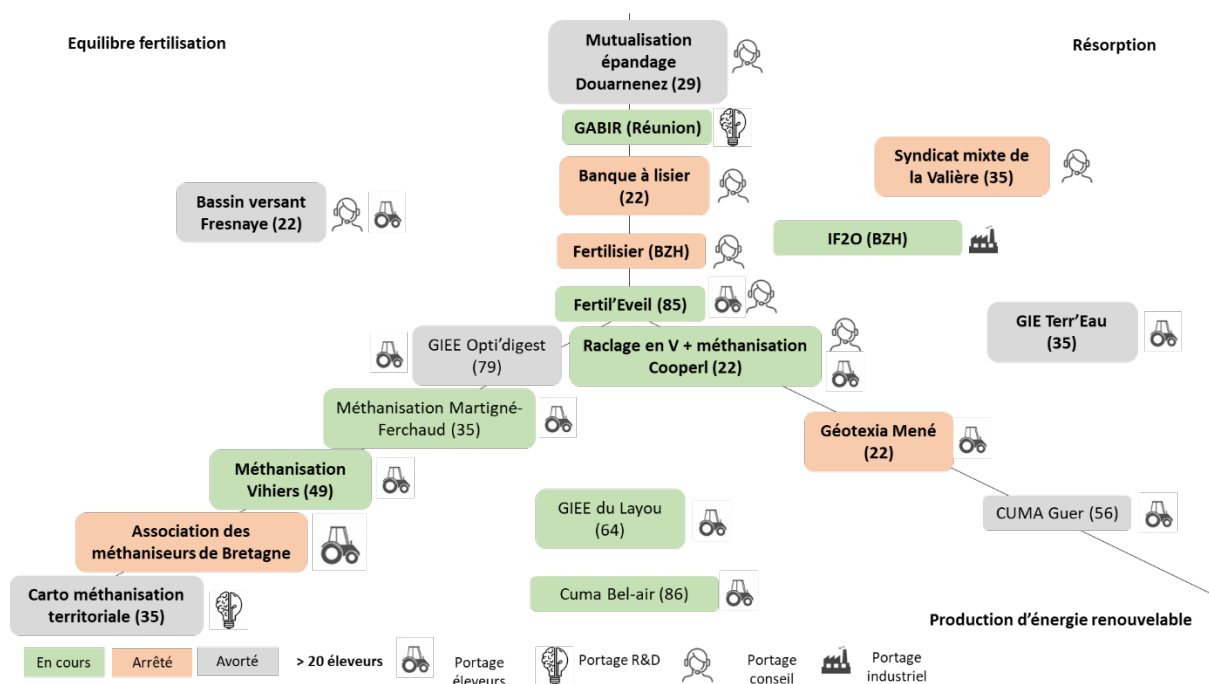


Figure 2. Typologie des expériences de gestion collective des effluents d'élevage

Voici à l'issue de la phase 1, une caractérisation plus détaillée des expériences illustrées avec les figures de 3 à 6.

- Trois familles de gestion collective ressortent de l'enquête (Figure 3.) : une première famille regroupe des expériences dont la gestion collective est basée sur les **échanges d'effluents**, une deuxième famille base le collectif autour d'un **traitement mutualisé** (en majorité de la méthanisation), et la dernière famille a davantage une visée **R&D** avec comme objectif de mesurer l'intérêt d'une mise en commun entre éleveurs.
- Environ 1/3 des expériences sont en fonctionnement, 1/3 ont été avortées et 1/3 se sont arrêtées après une période de fonctionnement (Figure 4.).
- Le dimensionnement du collectif le plus fréquents est un groupe de 10 à 50 éleveurs avec un territoire correspondant à une communauté de communes.
- 2/3 des expériences concernent le Grand Ouest. Les autres concernent la Nouvelle Aquitaine, l'Occitanie et la Réunion.
- Les principaux effluents d'élevage associés aux expériences collectives sont les lisiers porcins, les fumiers bovins et les fumiers de volaille.
- Les expériences encore en fonctionnement ont toutes plus de 10 années d'existence et lorsque les expériences sont arrêtées cela se passe au bout d'un délai entre 2 et 5 ans après le lancement.
- Les points positifs cités pour les éleveurs impliqués relèvent d'intérêt économique, de gestion des excédents de la ferme et d'intérêts technique et agronomique en lien avec la gestion de leurs effluents d'élevage. Des points positifs pour le territoire sont également mentionnés avec la

réduction des impacts environnementaux, la création d'une économie circulaire et la production d'énergie renouvelable.

- Les points négatifs soulignés en majorité sont l'augmentation du trafic routier lié à la gestion collective des effluents d'élevage, les odeurs générées ainsi que les émissions gazeuses et les aspects sanitaires.
- Des difficultés sont rencontrées par presque toutes les expériences, même celles qui continuent, et ce sont les contraintes réglementaire, les modalités de financement et le fait de trouver ou de garder un porteur, une gouvernance stable dans le temps (Figure 5).
- Les causes d'arrêt des expériences concernées les plus citées sont les suivantes : difficulté de trouver un financement, freins réglementaires et craintes des éleveurs (Figure 6).

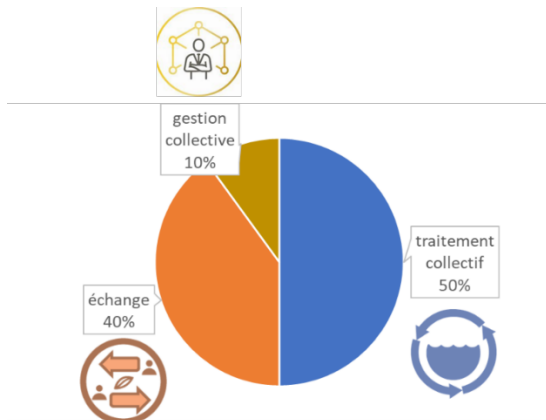


Figure 3. Trois familles d'expérience de gestion collective autour des effluents d'élevage

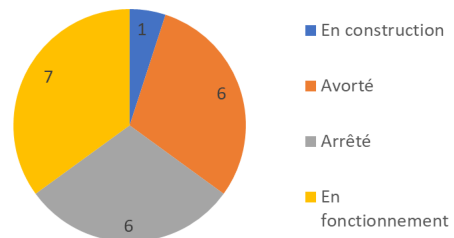


Figure 4. Statut des expériences enquêtées dans la phase 1

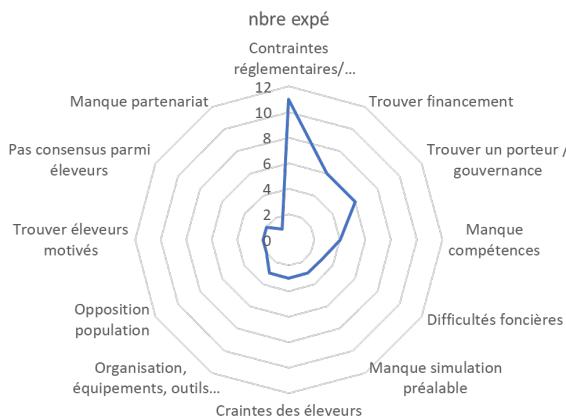


Figure 5. Difficultés rencontrées par les expériences de gestion collective (nombre d'expériences par modalité)

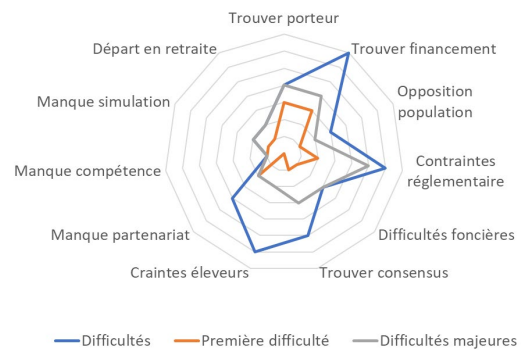


Figure 6. Causes de l'arrêt de l'expérience collective (nombre d'expériences par modalité)

3.1.2. Enseignements de la phase 2 des enquêtes des expériences collectives de gestion des effluents

Le bilan de la phase 2 d'enquête est présenté en distinguant les forces, les faibles, les opportunités et les menaces de la mise en place sur un territoire d'une solution de gestion collective des effluents d'élevage.

3.1.2.1. Forces et faiblesses

- **Configuration territoriale :** La configuration territoriale peut à la fois être une force ou une faiblesse suivant ses caractéristiques : nombre de fermes, dispersion, conditions pédoclimatiques... Un territoire peut freiner l'optimisation géographique entre les lieux de production des effluents et les lieux de possibles valorisation.
- **Performances de la solution collective :** Un premier aspect aborde les performances mêmes de la gestion collective, même s'il est à noter que ces dernières sont rarement évaluées de façon quantitative et formalisée. Les forces viennent des plus-values apportées aux éleveurs impliqués et à l'environnement. Elles concernent le plus souvent la valorisation agronomique des effluents avec une optimisation de la fertilisation, des économies d'engrais minéraux. Cette valorisation peut également être améliorée par le biais d'un traitement collectif qui va transformer la matière et générer des coproduits d'intérêt pour les cultures (compost intéressant pour l'amendement des sols, digestats plus facilement valorisable par les cultures du fait d'un contenu azoté davantage minéralisé).
- A noter que la dimension collective de la gestion des effluents ne garantit pas pour autant l'équilibre de la fertilisation globale qui intègre, en plus des effluents d'élevage, des engrais minéraux : si la gestion permet des économies, elles doivent être effectivement mises en œuvre par les agriculteurs.
- Lorsque que la gestion collective porte sur de la méthanisation, la production d'énergie renouvelable et l'économie de ressources en énergie fossile constitue une force, notamment lorsque cette énergie renouvelable peut servir à alimenter d'autres activités de proximité (exemple d'une ville alimentée en partie par de l'électricité produite par de la méthanisation d'effluents d'élevage). Les solutions sont perçues comme un moyen d'anticiper les enjeux de demain. Toutefois, si des atouts environnementaux sont pointés en termes de forces, des questions demeurent et sont plutôt positionnées en termes de faiblesses : elles concernent le transport supplémentaire généré par la dimension collective, les nouvelles sources d'émissions gazeuses... Par ailleurs, les aspects sanitaires deviennent aussi essentiels et toute solution devra assurer une bonne traçabilité des pratiques et du devenir des effluents et co-produits de traitement : savoir exactement à quel moment chacun épand, à quelle dose, et quelle qualité NPK.
- **Facteurs humains :** Le facteur humain est essentiel. Le succès des expériences tient énormément aux initiateurs et porteurs de la démarche avec leur volonté, leur dynamisme, leur courage, leur envie d'entreprendre. Cet aspect de fait peut fragiliser la démarche lors du départ ou de l'arrêt des porteurs initiaux. Les initiateurs sont peu interchangeables. La présence de collectifs déjà organisés est un plus et facilite l'émergence de l'idée d'une gestion collective et sa mise en œuvre. Ce peut être un noyau d'adhérents historiquement impliqués dans une CUMA qui est déjà un lieu de partage de matériel avec des habitudes de travailler en commun, planifié, organisé. Ce peut être des agriculteurs réunis dans un comité professionnel agricole (CPA), dans une association.
- Une fois la dynamique lancée, le facteur humain va dépendre :
 - De la nature du collectif. La taille du collectif va jouer ; un petit collectif est plus facile à gérer qu'un gros collectif pour lequel la cohésion est plus difficile à maintenir et surtout dans lequel il est plus difficile d'obtenir un consensus sur les objectifs. Pour autant un collectif de taille conséquente peut aussi être un facteur de réussite en donnant une force politique. Le succès ou l'échec tiendra aussi à la volonté des participants de s'impliquer suivant leur habitude de travail : dans le cas d'une expérience, un manque d'implication des adhérents s'est avéré une faiblesse dans la démarche. Les générations des participants peuvent intervenir : des jeunes installés arrivent plus facilement à se projeter sur une nouvelle façon de travailler que des exploitants en fin de carrière davantage sur la transmission de leur ferme.

- La mentalité est également un facteur : la dimension collective peut-être perçue comme une contrainte et des éleveurs peuvent préférer une solution individuelle ; dans le cas d'une expérience, les éleveurs ont préféré gérer de petits excédents azotés par une réduction de cheptel plutôt que dans le lancement dans une organisation collective.
 - De la gouvernance de la gestion. Dans cette dernière il y a tout d'abord un animateur. Ce dernier s'avère un point fort lorsqu'il a suffisamment de temps à consacrer à la gestion de la dynamique et un point faible s'il manque de temps.
Il faut avoir ce point de vigilance notamment lorsque la taille du collectif augmente. La gouvernance s'avère par ailleurs être une force lorsque cette dernière associe, les agriculteurs impliqués, des acteurs des collectivités (liens établis entre les Agriculteurs méthaneurs de France et les élus), de la DREAL ou bien des chambres d'agriculture et des syndicats : les acteurs pertinents dépendent du contexte local de chaque expérience. Aux vues des expériences enquêtées, cette gouvernance s'avère par ailleurs une force lorsqu'un partage est organisé avec des échanges réguliers (réunions, groupe sur outil de réseaux sociaux) : il en ressort une meilleure cohésion d'équipe.
- **Travail et compétences :** Les expériences de gestion collective modifient le travail des éleveurs avec des points forts qui peuvent permettre par exemple, une réappropriation des plans d'épandage par les agriculteurs, une simplification de ces derniers notamment pour des mises à jour plans d'épandage. La dynamique opérée s'avère un point fort lorsque les éleveurs bénéficient de plus de réactivité dans leur quotidien et c'est encore mieux si une approche ludique a pu être trouvée (pour donner envie). Lorsque l'organisation collective repose sur des compétences déjà présentes (savoir-faire) chez les éleveurs, c'est un point fort (exemple de plans d'épandage collectifs : seule la dimension collective est nouvelle car la gestion des effluents s'avère déjà maîtrisée) ; lorsque de nouvelles compétences sont nécessaires (exemple d'une filière de compostage ou d'une unité de méthanisation), ce peut être un facteur de fragilisation et générateur de craintes ou de réticence des éleveurs. Il faut dans ce cas anticiper ce besoin de compétences et apporter des formations. Le besoin associé est de disposer de données et de retours d'expériences. Plusieurs expériences font le choix de mutualiser un ou des salariés pour en assurer le fonctionnement. Dans ce cas, la juste rémunération est présentée comme un point fort afin de pérenniser le poste. Une autre fragilité liée à la dimension collective est la variation dans le temps du collectif (gisements effluents) : il faut donc être à même d'ajuster régulièrement la gestion.
 - **Aspects techniques :** La dimension collective est souvent source d'innovation sur le plan technique avec la réalisation de nouveaux équipements et de nouvelles actions : cas des premières banques à lisier, des unités de méthanisation collectives. Lorsque la création de nouvelles infrastructures est nécessaire, il ressort prudent de confier globalement le projet à un prestataire sans trop segmenter, ceci pour faciliter la maintenance. La création d'outils pour assurer la gestion collective ressort comme un point positif : c'est le cas d'un outil de requêtes créé dans une expérience qui avait pour objectif de formaliser les excédents individuels des éleveurs et les capacités de valorisation de ces excédents par d'autres fermes. La création de services pour les adhérents est également un point fort ou l'apport de solution technique car cela apporte une plus-value par rapport à l'échelle individuelle. Cela est permis le plus souvent par une mutualisation des moyens avec les équipements (cas d'un semoir spécifique CIVE dans une expérience). Une des difficultés des expériences tient à des facteurs de variabilité supérieur à l'échelle collective en comparaison de l'échelle individuelle. Cela peut se traduire par une forte variabilité des volumes d'effluents : c'est le cas des effluents avicoles d'une expérience qui en raison des épidémies de grippe aviaire deviennent régulièrement inutilisables dans le méthaniseur, cela peut aller jusqu'à la non-atteinte du volume d'activité visé.
 - **Communication :** La communication autour de l'expérience de gestion collective ressort comme déterminante dans le succès de l'opération. Plusieurs expériences ont communiqué auprès des collectivités, riverains, agriculteurs, avec notamment l'organisation de portes ouvertes à destination des professionnels et du grand public, et des interventions dans les écoles. L'objectif est d'avoir de la notoriété, soit acquise par d'autres voies (organisation d'un festival de musique local par les membres associés d'une expérience), soit acquise par la communication active. Lors

des communications, il s'agit de démontrer l'intérêt environnemental, économique et social : une expérience trace des éléments de performance comme l'amplitude horaire des chauffeurs, m3 jour épandus. L'enjeu de la communication est de mieux faire comprendre l'intérêt de la gestion collective car la méconnaissance du métier par les citoyens peut conduire à des oppositions : l'inauguration de la plateforme d'une expérience a permis de lever des craintes de la part des riverains. La communication n'est pas uniquement très importante vers l'extérieur mais également au sein du collectif d'éleveurs : il y a une forte volonté des adhérents d'échanger en petits groupes, pour une information moins descendante.

3.1.2.2. Opportunités et menaces

- **Financement** : Les sources de financement sont déterminantes dans le succès d'une expérience ou son arrêt. Elles démarrent souvent avec une opportunité de financement comme des appels à projet, des aides ponctuelles (ADEME, conseil régional...), ou une volonté politique (Région). La non-pérennisation du financement devient ensuite un facteur de fragilisation : une expérience a connu une défection du Conseil régional, une autre n'a pas eu de continuité dans le dispositif lancé par AAP. Ces financements sont liés aux priorités du moment, qui évoluent au fil du temps : nombreux financements pour la résorption taris au début des années 2000, évolution d'une priorité pour la méthanisation vers une priorité pour la méthanisation individuelle pour le Conseil Régional de Bretagne. L'équilibre financier de l'expérience va ensuite dépendre du marché avec, parfois des marchés porteurs avec la recherche de nouveaux marchés (valorisation d'autres déchets organiques comme les urines, les insectes ...), ou une fragilisation possible lorsque les coûts des intrants augmentent et qu'il y a une concurrence accrue d'accès aux gisements de méthanisation. En ce qui concerne les effluents d'élevages, ce peut être aussi un arbitrage avec les engrais minéraux.
- **Contexte local** : Au-delà du financement, le contexte local joue également fortement sur les expériences de gestion collectives des effluents d'élevage et nombre d'entre elles ont été impulsées par ce contexte. Ce peut être lié au territoire de la Bretagne, zone d'élevage importante, avec une dynamique d'initiatives (opérations BV, plan algues vertes). Dans ce territoire une convergence d'objectif entre le niveau régional (DREAL, OPA) et local (opération BV et CPA) a permis de lancer des initiatives. Ce peut-être un territoire tourné sur la production d'énergie renouvelable et donc ouvert aux projets de méthanisation. Les relations avec les pouvoirs publics lorsqu'elles sont bonnes peuvent également jouer et favoriser l'émergence de l'expérience. D'autres expériences ont pu se mettre en place du fait d'un changement d'équipe au niveau de l'administration. Le contexte local peut également être un frein si d'autres expériences collectives voient le jour : elles peuvent en effet entrer en concurrence. Il y a des risques de controverse et de tension entre agriculteurs. Il est donc primordial de faire une étude de marché préalable. Un dernier élément de contexte mentionné est lié aux aspects sanitaires qui deviennent essentielles et notamment dans le raisonnement de la valorisation des effluents : pour les effluents avicoles, les contextes de grippe aviaire sont déterminants ; pour les effluents porcins, la grippe porcine positionne ces aspects au centre de la réflexion sur les nouveaux élevages et modes de gestion des effluents d'élevage.
- **Réglementations** : La réglementation s'avère un aspect déterminant des opportunités et menaces par rapport aux expériences collectives. Elle est le plus souvent présentée comme un frein notamment concernant la réglementation ICPE avec les difficultés administratives liées aux remaniements des plans d'épandage (plan, conventions...). D'autres contraintes s'ajoutent dans des territoires spécifiques (notamment en Bretagne avec la Directive Nitrates, les prochains plans algues vertes). L'administration peut également s'opposer aux expériences collectives du fait que ces dernières réduisent leur rôle de contrôle qui devient en partie internalisé dans l'outil. Toutefois, l'importance de la réglementation est aussi le moteur d'une dynamique forte sur le terrain et peut être le moteur aux projets de gestion collective : des expériences sont nées dans une dynamique de résorption. Dans ce contexte qualifié de rigide, l'ouverture de l'administration à des changements est, de fait, présentée comme une opportunité : des assouplissements des plans d'épandage et une adaptation aux échanges entre exploitants ont été permis dans un cadre expérimental ; il reste à pérenniser cette simplification dans une évolution de la réglementation (projet de texte ICPE qui ambitionne de réformer les épandages). La réglementation imposée aux

éleveurs peut également être le déclencheur de la dynamique collective pour permettre aux éleveurs de respecter leurs obligations.

- **Connaissances disponibles :** La collecte de nombreuses données concernant les exploitations et leur organisation en bases de données permet d'envisager des outils collectifs qui mobilisent ces informations. Ce n'était pas le cas il y a encore quelques années (ou avec beaucoup plus de difficultés) et c'est toujours difficile pour certains territoires pour lesquels les bases de données qui existent peuvent être partielles, hétérogènes et pas à jour. Toutefois, cette possibilité technique butte devant de nouvelles questions qui traitent de la protection des données individuelles : il ne faut négliger cet aspect dans l'analyse de faisabilité de la gestion collective. Dans le cas d'une expérience, l'accès aux données individuelles des éleveurs porcins (Bdporc) par administration a conduit à un blocage du fait de craintes des organisations régionales porcines concernant la transmission de données d'éleveurs à l'administration. En lien avec la méthanisation et les connaissances que sa mise en œuvre requiert, les acteurs trouvent difficile de trouver une formation adaptée. Celle-ci est pour autant nécessaire car des réticences d'éleveurs peuvent venir d'une méconnaissance des digestats et d'a priori négatifs.
- **Attentes sociétales :** Les attentes sociétales jouent également un rôle important dans le développement ou le freinage des gestions collectives. Concernant la gestion des effluents, ces dernières demandent plus de naturalité avec une meilleure adéquation entre les productions d'effluents et les besoins des cultures. La société s'intéresse à l'environnement et attend de fait des réductions d'impacts, notamment sur les aspects « carbone » très médiatisés. Les attentes portent également sur les moyens et de façon pas toujours cohérente avec les résultats attendus car la construction d'équipements collectifs, quand bien même ils répondent à des besoins de performances, fait peur et les riverains ne souhaitent pas cela à proximité. La méthanisation souffre encore d'une image négative et nécessite des explications et apports pédagogique. Les riverains manifestent également des inquiétudes sur les transports des effluents (augmentés dans le cas d'une gestion collective) et sur les émissions d'odeurs liées à l'épandage.

3.2. Analyse d'expériences d'autres pays (tâche 1.2)

De la bibliographie a été réalisée sur les expériences de gestion collective des effluents à l'étranger. En effet, le changement de pays modifie les contextes réglementaire et social qui sont deux aspects d'importance conditionnant fortement les possibilités de gestion collective des effluents.

La première étape a été de collecter des contacts via notamment les différents projets de recherche européen, connaissances et groupes de travail suivis par les partenaires de ce projet et au-delà de ce cercle. Des contacts supplémentaires ont été intégrés via les différentes publications sur cette thématique. Sur les 89 contacts disponibles, 62 mails individuels ont été envoyés aux profils les plus ciblés et 18 réponses ont été obtenues (Tableau 2.).

Tableau 2. Liste des contacts mails pris pour réaliser la synthèse sur la gestion collective des effluents dans d'autres pays européens

Pays	Mails totaux disponibles	Mails envoyés	Réponses
Allemagne	53	33	6
Danemark	11	11	2
Pays-Bas	17	13	6
Italie et Espagne	8	5	3
Total	89	62	18

Le nombre élevé de contacts allemands est lié à la constitution de groupes d'échanges conséquents, anciens et récents, par les collègues des instituts techniques animaux, spécialisés en économie. Au-delà de ces échanges, le travail préliminaire a consisté à faire des requêtes bibliographiques via les éditeurs Web of science, INRAE, Google Scholar.

Le travail de collecte des informations par mails s'est avéré chronophage (relances, contacts de contacts, ...) pour peu de résultats. Soit les personnes contactées ne disposaient pas d'informations, soit elles ont renvoyé sur des sites internet généralistes traitant de la gestion locale/nationale des effluents d'élevage, soit elles ont transmis des publications également trouvées dans les requêtes bibliographiques. Ces dernières se sont avérées les plus riches en information.

Le peu de retour s'explique par, (1) la barrière de la langue pour les personnes au contact des expériences de terrain, (2) un faible développement du traitement collectif relativement au traitement individuel, et/ou (3) peu de publications sur le sujet (pas encore un sujet de recherche en tant que tel).

3.2.1. Procédés de traitement mis en œuvre à l'échelle européenne

La notion de « collectif » dans le traitement ne semble pas être un sujet d'étude, ni même de classification courant dans l'étude de la gestion des effluents d'élevage, du moins sur l'aspect « procédé ». Nous n'avons pas trouvé d'inventaire strictement dédié à cette thématique. Le dernier inventaire connu à l'échelle européenne sur les procédés de traitement a été réalisé par Foged et al. (2011). Un total de 19 914 unités de traitement des effluents sur un total de 21 pays européens (Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Italie, Lituanie, Luxembourg, Pays-Bas, Pologne, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède) y sont répertoriés.

Dans ce bilan (avec plusieurs étapes de traitement possibles, notamment dans le cas de la méthanisation) :

- 8 % des déjections animales intègrent un dispositif de traitement
- 6,4 % sont valorisés en méthanisation
- 3,1 % passent en séparation de phases
- 0,7 % vont dans un traitement de la fraction liquide
- 0,8 % dans un traitement de la fraction solide
- 0,5 % utilisent un additif et/ou un autre pré-traitement (ils sont détaillés plus loin).

Cela représente un peu moins de 20 000 unités de traitement, soit 108 millions t d'effluents, 556 kt d'azote et 139 kt de phosphore traités annuellement (Flotats et al., 2013 ; Foged et al., 2011). Ces 5 grandes catégories de traitement peuvent être scindées en 45 sous-catégories. Seules les plus représentées sont citées ci-après.

Cette grande diversité d'options technologiques pour le traitement des effluents dépend de multiples paramètres : l'échelle de traitement et la complexité technologique, elles-mêmes dépendantes, de la taille de l'installation, du niveau d'épuration requis en matière organique et en éléments fertilisants, du besoin de production d'énergie, des coûts d'investissement et de maintenance (Garcia-Gonzalez et al., 2016).

3.2.2. Place du traitement collectif et des process adaptés à des grandes quantités d'effluents

Si la littérature a évalué les process de traitement sur de nombreux critères (flux d'éléments, énergie, coût, aspects sanitaires, émissions de GES, ...) (Garcia-Gonzalez et al., 2016 ; Hari et Riiko, 2016 ; Flotats et al., 2013 et Foged et al., 2011) la pertinence des procédés à mettre en œuvre en traitement individuel comparé au traitement collectif a été abordé dans une bien moindre mesure. L'inventaire des procédés à l'échelle européenne de 2011 a discriminé les 20 000 procédés suivant la quantité d'effluent traitée annuellement (Foged et al. 2011) : « à la ferme » ; taille « moyenne » < 50 000 t d'intrants/an ; « grande taille » > 50 000 t d'intrants/an.

La notion de collectif, ou non, n'apparaît pas strictement. Toutefois, de manière usuelle, la dénomination « à la ferme » désigne des installations de type « individuel » (pouvant d'ailleurs traiter de grandes quantités d'effluents) et les quantités d'effluents traitées dans les unités de taille « moyenne » sont supérieures à la production d'effluent d'un élevage moyen (notamment pour une ferme moyenne française). Ainsi, un élevage de porc moyen de 250 truies produira annuellement environ 5000 m³ de lisier. Dans cet inventaire, les quantités moyennes d'effluents traités pour les unités de taille moyenne sont par exemple de 14 600 (Belgique) à 50 000 m³/an (Danemark) pour les décanteuses-centrifuges ;

40 000 m³/an pour les évapo-concentrateurs (Espagne) ; 13 100 m³/an en moyenne pour 76 unités de N/D en Belgique, les quantités traitées par les unités de grandes tailles étant encore plus élevées. Si la classification proposée n'est pas un indicateur sensu stricto du potentiel « collectif ou non », il en constitue un indicateur tout à fait intéressant car elles sont vraisemblablement collectives sans être indiquées comme telles.

- **La séparation de phases** est le procédé dominant en termes d'unités mises en œuvre (**n = 11 130**) par rapport aux autres procédés de traitement. Les procédés répertoriés sont eux-mêmes d'une grande diversité : tamis (fixes, vibrants, rotatifs), presse (à vis, physico-chimique), décanteuse-centrifuge, etc. Par conséquent, leurs objectifs sont divers : gestions distinctes des fractions liquides et solides (réduction des coûts de transport, étapes préalables à une déshydratation, exportation du phosphore... objectifs pouvant être complémentaires ou non). Les séparateurs de phases sont principalement des unités individuelles à la ferme, seules 1,8 % le sont à l'échelle de grande taille (Figure 7.). Il est à noter que les processus de filtration membranaire (ultrafiltration, osmose inverse) sont dans la catégorie des traitements des liquides et non dans la séparation de phases. Et l'emploi de coagulants/floculants sont la catégorie de la séparation de phases et non dans celle des additifs et pré-traitements.
- **Avec 6043 unités de méthanisation, ce procédé arrive en seconde position des unités de traitement les plus fréquemment rencontrées en élevages après la séparation de phases.** La méthanisation est destinée à produire de l'énergie afin de générer un revenu, permettant éventuellement de réduire le coût des traitements annexes. Il peut en outre contribuer à une étape de traitement comme la déshydratation d'un refus de séparation de phases par l'utilisation de l'énergie thermique issue d'un cogénérateur. Si la méthanisation n'est pas un procédé de résorption proprement dit, il peut y contribuer de manière indirecte. Le refus ainsi séché, généralement bien pourvu en phosphore, peut être exporté à moindre coût. 8,5 et 2,6 % des unités sont respectivement de moyenne et grande taille. Ces chiffres ne sont vraisemblablement pas exhaustifs. Un état des lieux spécifiquement de la méthanisation avait été réalisé en 2015 (Aile et Erep, 2015) faisant notamment état pour l'Allemagne et l'Italie, en 2012, de plus de 9000 et 1000 unités de méthanisation respectivement, soit des valeurs bien supérieures à l'inventaire de l'étude (Foged et al., 2011). Selon Pehme et al (2015, cité par Provolo et al., 2018), beaucoup d'unités collectives de traitement se basent sur une étape de méthanisation de déjections animales et éventuellement d'autres matières organiques afin de disposer d'énergie. En effet, si la méthanisation ne modifie pas la quantité d'éléments, elle présente l'avantage de créer un revenu pouvant contribuer à réduire le coût du traitement global et le digestat est de plus adapté à l'extraction ou l'abattement d'éléments en aval (Finzi et al., 2020). Selon Skovsgaard et Jacobsen, (2017, cité par Provolo et al., 2018) : le coût du transport des effluents d'élevage pour l'approvisionnement d'une unité de méthanisation centralisée doit toutefois demeurer sous contrôle afin de rester compétitif. D'un point de vue environnemental, la production d'un biogaz réduit les émissions de GES mais peut augmenter celle d'ammoniac pendant le stockage et l'épandage si ces opérations ne sont pas correctement menées.
- **Il est fait mention de 200 stations de traitement biologiques par nitrification/dénitrification** alors que dès 2008, leur nombre devait être plus probablement compris entre 300 et 400 compte tenu du bilan réalisé en 2006 par l'IFIP et l'UGPVB (Levasseur et Lemaire, 2006). Cela dit, ce n'est pas tant la précision des chiffres qui est à retenir dans cette étude (les statistiques étant parfois inexistantes dans certains pays, les chiffreages sont alors mentionnés à dire d'expert), l'intérêt se trouve dans les ordres de grandeurs de la répartition par classe de taille et pour chacun des pays européens explorés et il n'y a pas eu, à notre connaissance, d'autres inventaires de cette ampleur correspondant aux besoins de cette étude.
- **Le traitement de la fraction liquide** concerne 587 unités dont 30,7 % pour des flux moyens à grands. Cette catégorie recouvre des processus très contrastés : nitrification/dénitrification, filtration membranaire, évapo-concentration... Les objectifs sont également contrastés : abattement ou au contraire capture/concentration de l'azote, réduction volumique. Pour les grandes unités, le traitement de la fraction liquide opère le plus souvent après séparation de phases et/ou une étape de méthanisation. Les unités de grande taille se caractérisent également le plus souvent par des chaînes de traitement plus ou moins complexes dont quelques exemples seront rapportés dans le chapitre « traitements collectifs par pays ».

- **Le traitement de la fraction solide** concerne 1486 unités dont 15,6 % concerne des flux moyens à grands. Il s'adresse aux fumiers, aux refus solides issus de séparation de phases et aux concentrats. L'objectif est plus souvent une réduction massique et volumique afin de résorber les éléments fertilisants excédentaires comme le phosphore et l'azote organique. Les process sont le compostage, la déshydratation thermique, le bio-séchage, la combustion...
- L'inventaire de Foged et al. (2011) rapporte également **l'utilisation des additifs** et autres pré-traitements dans 668 cas dont 9,3 % pour des flux moyen à élevé. Il s'agit notamment d'acidification, de l'utilisation de pression et de montée en température, de complexes bactériens.

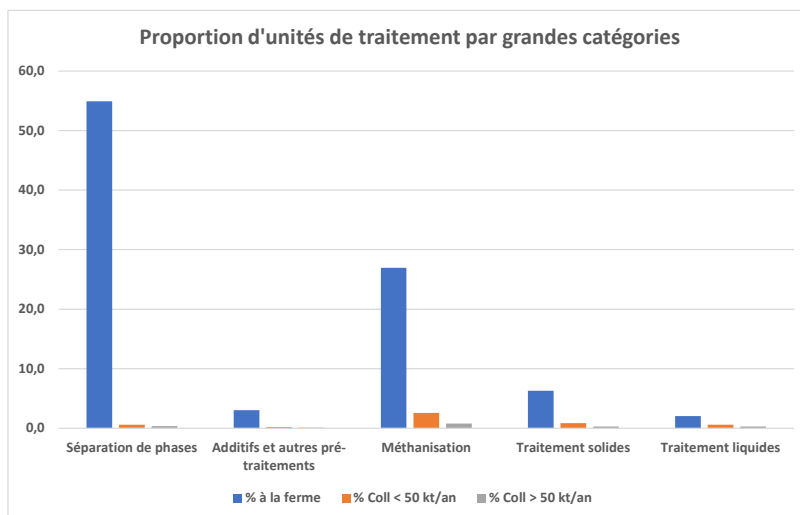


Figure 7. Proportions d'unité de traitement par grandes catégories de process selon la taille selon Foged et al. (2011) et expertise Ifip (2021)

La Figure 7 indique que les procédés de traitement des liquides et solides sont moins fréquents que la séparation de phases et la méthanisation mais ils concernent une proportion plus élevée d'unités de traitement de grande dimension et indirectement, davantage d'unités collectives et territoriales. Les filtres à tambours sont les séparateurs de phases les plus représentés (42 % des unités), suivis par les presses à vis (33 %), les tamis (18 %), la sédimentation naturelle (4 %), les décanteuses centrifuges (2,2 %), la coagulation/floculation (0,3 %) et d'autres procédés (1,3 %) (Figure 8).

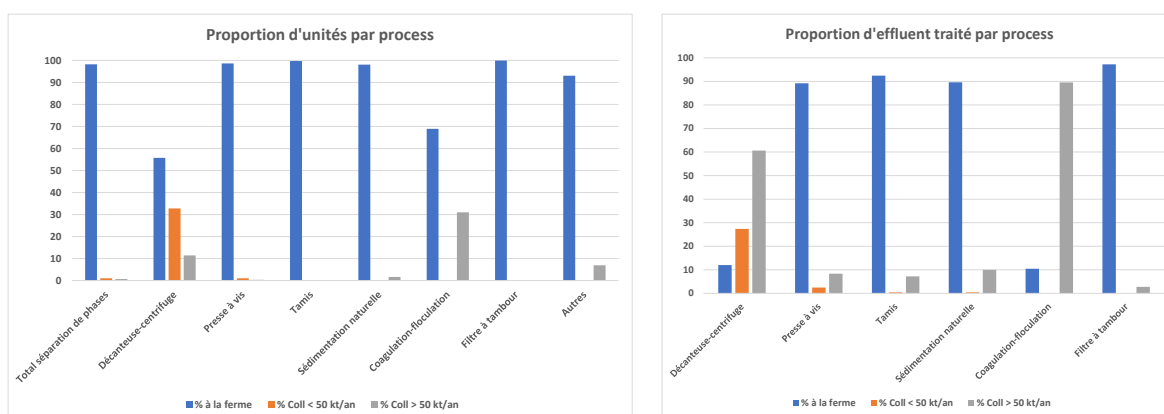


Figure 8. Typologie de la séparation de phases selon Foged et al. (2011) et Ifip (2021)

Les tamis, presses à vis et tambours rotatifs sont peu utilisés dans les unités de grandes tailles. Le nombre d'unité et la proportion de lisier traité sont respectivement de 0,4/7,4 %, 1,4/10 % et 0,1/3 %. L'hypothèse serait que les taux de capture en phosphore demeurent modérés (17 % pour les vis compacteuses d'après Hjorth et al., (2010)) compte tenu de leur principe de fonctionnement. La filtration s'effectue avec des pores rarement inférieurs à 250 micromètres or une fraction élevée de phosphore est portée par des particules de taille inférieure (Mercato et al, 2008).

Selon Massé et al (2005), la méthanisation réduit la concentration des solides de 70 % et les particules de moins de 10 micromètres représente 81 et 51 % du digestat et du lisier brut. Dans les 2 cas, 20 % du P est soluble, tandis que 50 % est associé avec des particules entre 0,45 et 10 micromètres et seulement 30 % du P est lié à des particules plus grandes que 10 micromètres (massé et al (2005). La décanteuse-centrifuge permet de capturer en moyenne 71 % du phosphore (Hjorth et al., 2010). Il s'agit d'un procédé bien plus coûteux qu'une vis compacteuse, environ de 80 à 150 k€ pour la première contre 20 à 40 k€ pour la seconde (levasseur et al., 2017), s'adressant de fait à des quantités de lisier/digestat et des excédents en phosphore élevés.

Ce procédé (la décanteuse-centrifuge) concerne 44 et 88 % respectivement des unités en fonctionnement et des effluents traités par les unités de grande taille. C'est, de fait, un procédé tout à fait approprié aux unités collectives. Le caractère mobile ou non n'est pas spécifié dans l'inventaire de Foged et al. (2011).

Dans l'inventaire des procédés de traitement, la coagulation et la floculation des effluents sont mentionnées dans la catégorie « séparation de phases ». Ce sont des additifs ou des pré-traitements (ils auraient pu tout aussi bien être mentionnés dans cette catégorie) qui permettent d'accroître l'efficacité de la séparation de phases. Elles sont très utilisées par les grandes unités de traitement : 31 et 90 % respectivement des unités de traitement et des volumes d'effluents traités, utilisant ces produits. Leurs utilisations s'avèrent intéressantes en cas d'excédent élevé à l'échelle de la ferme et territoriale. A défaut, le potentiel de capture et d'exportation des éléments excédentaires, notamment le phosphore, par les séparateurs de phases peut être insuffisant.

L'inventaire mentionne une catégorie « Additifs et pré-traitements ». Sur 668 « traitements » effectués de la sorte à l'échelle européenne : 79 % emploient des additifs (désodorisant, bactéries et enzymes), 18 % acidifient, 3 % augmentent la température et/ou la pression et 0,6 % emploient d'autres techniques.

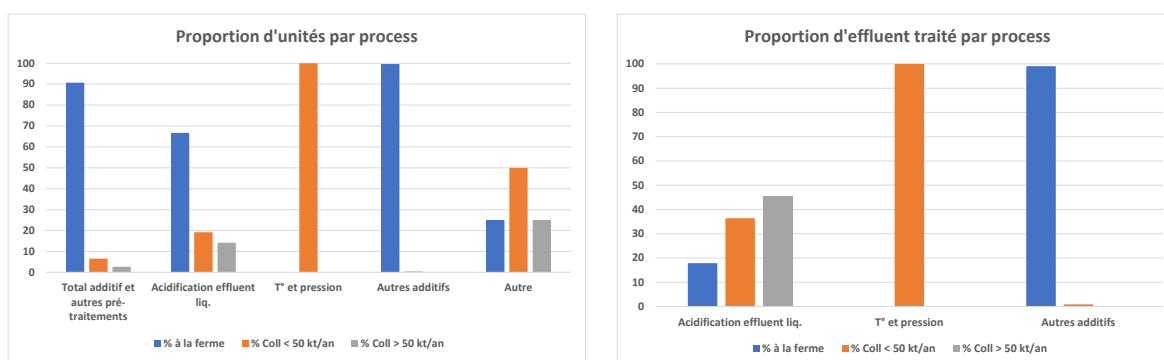


Figure 9. Typologie de l'emploi des additifs et pré-traitements selon Foged et al. (2011) et expertise Ifip (2021)

Ces procédés ont des objectifs très contrastés : hygiénisation, réduction des émissions gazeuses, désodorisation. La montée en température et en pression des effluents a notamment une fonction d'hygiénisation. Ces techniques ne sont pas employées dans les unités de traitement à la ferme vraisemblablement pour des raisons de coût et d'économie d'échelle. Selon AILE (Communication personnelle, 2019), l'investissement dans un dispositif d'hygiénisation est compris entre 500 et 700 k€ pour une unité de méthanisation de 70 000 t d'intrant annuellement. L'emploi d'acide, généralement utilisé pour réduire les émissions d'ammoniac, peut être utilisé sur lisier ou digestat brut avant épandage, ou pendant/après une phase de traitement (filtration membranaire, évapo-concentration, déshydratation d'une fraction solide...). L'utilisation d'acide est fréquente sur les grandes installations : 33,4 et 82 % des unités impliquées et des volumes d'effluents traités.

Sur 1486 unités de traitement des solides (principalement fumiers et refus solide de séparation de phases), le compostage est très majoritaire avec un peu moins de 87 % des unités, la fraction restante se répartissant de la manière suivante : 5,5 % pour le traitement thermique, 5,2 % pour le bioséchage, 1,4 % pour la pelletisation, 0,7 % pour la combustion et 0,5 % pour les autres procédés.

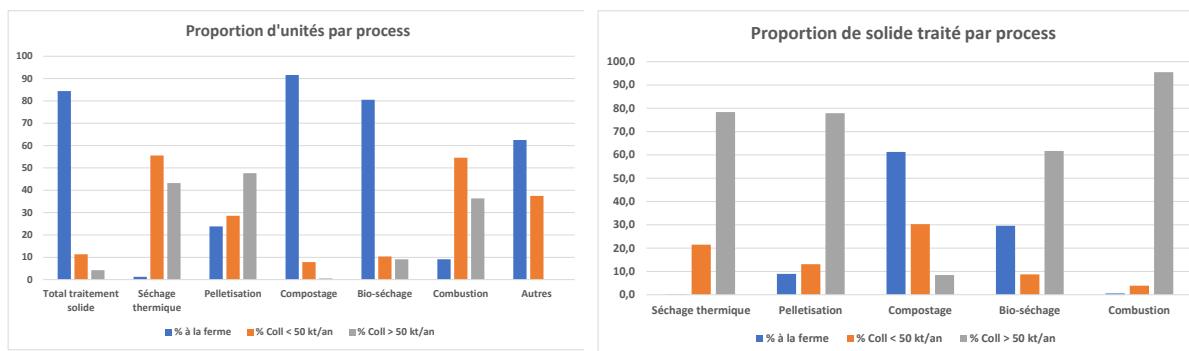


Figure 10. Traitement des solides selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021)

La Figure 10 montre que le compostage demeure majoritairement une technique de traitement des effluents solides à la ferme : 92 et 61 % des unités et des volumes d'effluents traités. Cela s'explique notamment par la relative simplicité du procédé, la possibilité d'être mené à petite échelle et son coût modéré. Inversement, tous les autres procédés mentionnés : séchage thermique, pelletisation, bio-séchage et combustion traitent davantage d'effluent issus de grandes unités de traitement et même par les très grandes unités à plus de 50 000 t d'effluent traités annuellement. L'inventaire ne mentionne pas précisément la nature des solides traités dans chacun des cas. Cela dit, il devrait s'agir principalement de refus solide de séparation de phases (de lisier et de digestat). La combustion est toutefois appliquée à des fumiers de volaille. La réduction volumique et massive est sans doute l'un des objectifs prioritaires de ces procédés à des fins d'exportation, à moindre coût, de l'azote organique et surtout du phosphore. Le caractère « industriel » est ainsi particulièrement marqué pour ces procédés devant recourir à des normes réglementaires élevés concernant la sécurité, l'hygiénisation, le traitement des fumées et des émissions gazeuses.

Sur 587 unités de traitement des liquides répertoriées, plus de la moitié des unités (environ 56 %) est de la Nitrification/dénitrification. La fraction restante se répartie de la manière suivante : 21,8 % en aération, 3,9 % en évapo-concentrateur, autant en osmose inverse, 1,5 % en évaporation à pression atmosphérique, 2,2 % en ozonation, 0,2 % en ultrafiltration et un peu de moins de 11 % en procédés « autres ».

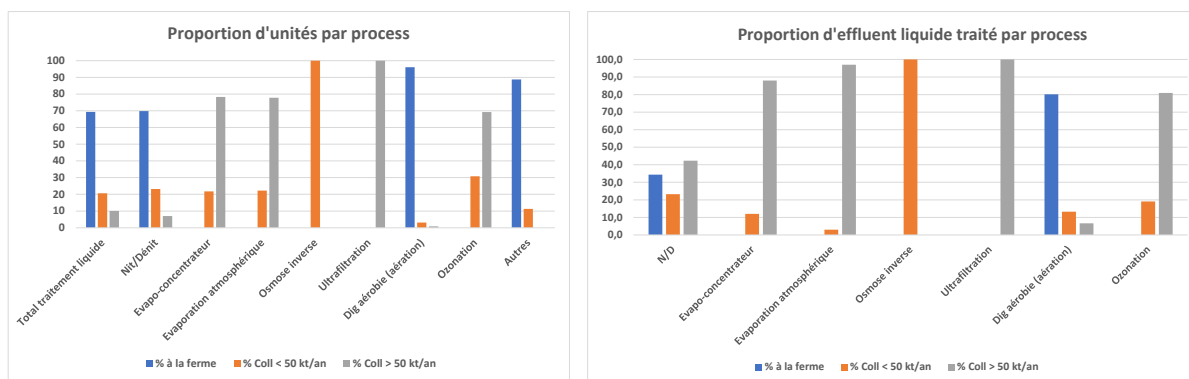


Figure 11. Traitement des liquides selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021)

Le traitement par nitrification/dénitrification concerne 30 % des unités et 75 % du volume traité par des grandes installations. Comme pour l'utilisation de la décanteuse centrifuge (bien que de manière moins contrastée), le nombre d'installation « à la ferme » est majoritaire mais il devient minoritaire en termes de masse d'effluent traités. Compte tenu des remarques mentionnées précédemment, nous constatons que certains procédés de traitement se cantonnent plutôt « à la ferme » comme le compostage, d'autres au milieu « industriel » comme les techniques de déshydratation/séchage des solides. Il y a toutefois des dispositifs possiblement mixtes comme la séparation de phases par décanteuse-centrifuge et la nitrification/dénitrification des effluents liquides.

Cette catégorisation « à la ferme », « industrielle », « mixte », s'observe pour les autres procédés de traitement des liquides mentionné à la Figure 12. La digestion aérobie (par simple aération) ne s'observe que dans les unités « à la ferme ».

Tandis que les autres procédés inventoriés, procédés d'évaporation et de filtration membranaire, s'adressent exclusivement aux installations de grandes tailles, vraisemblablement pour des raisons déjà mentionnées précédemment : coûts des dispositifs (économie d'échelle), complexité des technologies mises en œuvre.

L'ozonation, utilisée en post-traitement (ces derniers ne sont pas mentionnés), permet de dégrader la matière organique difficilement dégradation et l'hygiénisation des effluents.

Sur 6043 unités de méthanisation répertoriés (Foged et al., 2011), 95 % sont en mésophile et 5 % en thermophile (figure 6). Il n'y a pas d'unités mentionnées en psychrophile (température ambiante). Ce procédé de traitement, à des fins de production d'énergie, est essentiellement mis en œuvre « à la ferme », tant en nombre d'unité, qu'en volume traité.

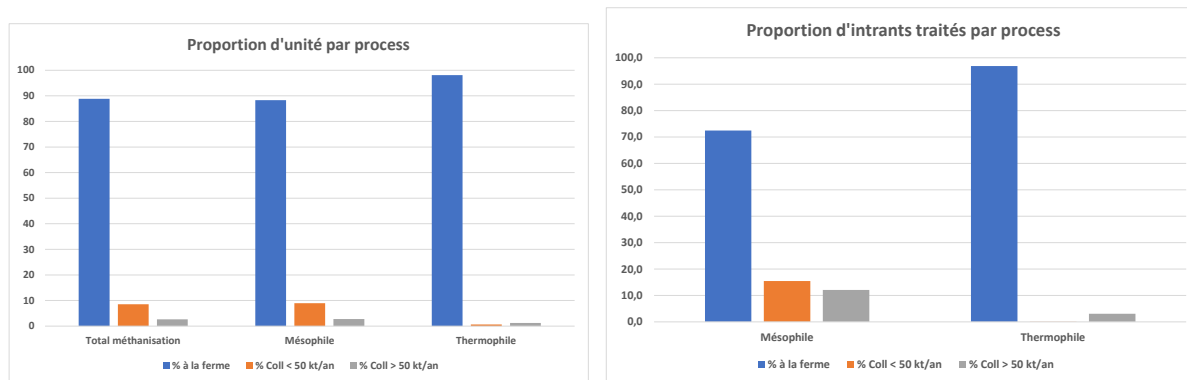


Figure 12. Méthanisation selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021)

Certains procédés de traitement ont montré leur aptitude pour une mise en œuvre à l'échelle « industrielle » soit strictement, soit de manière mixte. Les volumes correspondant sont bien plus élevés que les volumes produits par les élevages de taille moyenne, notamment en France où les élevages sont plutôt de taille familiale. Ces procédés peuvent donc potentiellement s'adresser aux projets collectifs en termes de volumes traités.

Cette gestion collective des effluents a surtout du sens en zone d'élevage intensive, car cette concentration facilite l'optimisation logistique alors que le coût de transport constitue un goulot d'étranglement. Ce dernier varie notamment selon la valeur du produit transporté (éléments fertilisants, matière organique). Ce coût sera d'autant plus élevé que les teneurs en eau et matières organiques seront elles-mêmes élevées. Au Danemark, Le transport de la biomasse pour approvisionner les unités de méthanisation centralisées représente 35 à 50 % des coûts de fonctionnement (DEA, 1995). Si le fonctionnement de ces unités collectives sont plus dépendantes que les unités individuelles pour les voies de communication, elles disposent tout de même d'atouts. L'agrégation d'élevages dans un consortium ou une coopérative pour le traitement des effluents bénéficie d'économie d'échelle. De plus, la grande capacité de traitement facilite la production et vente d'énergie (par méthanisation) ce qui peut encore réduire les coûts unitaires de traitement. Et ce potentiel des unités collectives encourage la valorisation énergétique des effluents des petits élevages (Pasqual et al). Cela dit, bien que les productions animales soient plutôt concentrées (les coûts de transport peuvent être donc maîtrisés), la mise en œuvre des unités collective de traitement est globalement considérée comme limitée par nombre d'auteurs (Gonzalez et al., 2016 ; Flotats et al., 2009 ; Provolo et al., 2018).

Des informations plus détaillées sur les procédés de traitement et de gestion des effluents dominants par pays sont apportées en annexe B.

3.3. Analyse des changements de pratiques des agriculteurs impliqués dans des solutions de gestion collective de leurs effluents (tâche 1.3)

Dans le prolongement de la tâche 1.1., l'objectif est de comprendre les motivations des agriculteurs à s'engager dans des dynamiques de gestion collective des effluents d'élevage et également de comprendre comment cet engagement transforme leurs pratiques individuelles. La tâche 1.3 repose sur une analyse approfondie de deux expériences présentant des caractéristiques contrastées. Un cas porte sur la mise en commun d'un outil de production (unité de méthanisation à Vihiers), le second sur une approche foncière (échanges parcelaires à Nozay) visant la réorganisation de la gestion des effluents. Les deux cas retenus présentent des collectifs de taille comparable.

Ces deux types d'expérience jouent sur une mobilisation du collectif différente et des changements de pratiques individuelles d'ampleur et de nature différente. Par ailleurs, la gestion collective des effluents n'est pas systématiquement l'objectif central moteur des expériences ciblées (dynamique foncière et unités de méthanisation).

Les objectifs visés sont à la fois agronomiques et sociologiques. Il s'agit d'une part de comprendre les conditions dans lesquelles les agriculteurs sont susceptibles de s'engager dans des démarches collectives de gestion d'effluents, et d'autre part de répertorier les changements de pratiques individuelles induites par la participation à des démarches collectives.

Afin d'identifier les conditions sociologiques d'engagement des agriculteurs, ce travail rend compte des systèmes de pratiques et leurs évolutions, de la dynamique des collectifs, de la construction de visions communes du projet. Il documente la morphologie du groupe (noyau central de membres moteurs et participants moins engagés par exemple), la plus ou moins grande homogénéité des caractéristiques sociales des acteurs, l'historique des collaborations antérieures, leurs motivations, et leurs représentations du projet.

L'étude détaille également les changements de pratiques individuelles sur les cultures, les troupeaux et leurs interactions induites par la mise en œuvre d'une solution de gestion collective des effluents d'élevage. En effet, on étudie souvent les effets issus de ces projets sans prendre en compte les changements individuels qui en découlent, dans une adaptation secondaire.

Dans la première phase de l'enquête, des entretiens ont été réalisés avec des personnes ressources, en raison de leur expertise des deux cas étudiés. Ils concernent la salariée de la chambre d'agriculture 44 qui a animé la constitution du collectif et les processus d'échanges parcellaires à Nozay, et un agriculteur membre de l'unité de Vihiers, par ailleurs élu à la chambre d'agriculture et représentant syndical. Cela nous a permis de recueillir les premières informations générales sur les deux projets (dynamiques globales, fonctionnement des projets); d'identifier la structuration des deux groupes; de recueillir des informations sur les agriculteurs de manière à sélectionner sur les critères pertinents les agriculteurs susceptibles d'être enquêtés.

Pour chacun des deux cas, quatre entretiens semi-directifs approfondis ont été réalisés auprès de participants aux expériences, en veillant à faire varier les niveaux et les formes d'engagement. Pour Vihiers, des membres du noyau dur (à l'origine et/ou au bureau de la structure) et des participants plus périphériques, moins engagés dans le projet, ont été rencontrés. A Nozay, La diversité des niveaux d'engagement se traduit dans l'intensité de la participation des différentes réunions et formations autour de l'échange parcellaire. Des critères liés aux exploitations, avec en particulier le type d'effluents produits pour Vihiers et la proportion de foncier concerné par les échanges pour Nozay, ont également été utilisés pour sélectionner les acteurs susceptibles d'être interviewés.

Ces entretiens ont été menés en duo par un zootechnicien et une sociologue de manière à traiter conjointement les motivations d'engagement et les changements de pratiques. Les entretiens ont duré entre 1h30 et 2h environ, en visioconférence. Trois thèmes structurants ont été suivis : présentation de la dynamique engagée ; mode d'organisation et de gouvernance collective ; pratiques individuelles. Le guide d'entretien situé en annexe C présente en détail ces différents éléments.

3.3.1. Présentation des expériences de Vihiers et de Nozay

L'expérience de Vihiers est une expérience de gestion collective des effluents via une unité de méthanisation avec une structuration sous forme de société par action simplifiée (SAS). Elle concerne 44 exploitations (environ 100 personnes) avec un noyau dur d'une douzaine d'agriculteurs avec de multiples responsabilités. Presque toutes les exploitations sont en élevage bovin. Il y a sur le territoire une volonté d'impliquer des jeunes pour le renouvellement avec l'idée, en cas de départ d'un éleveur de l'unité de méthanisation collective, d'un remplacement par d'autres intrants méthanogènes (le repreneur d'un associé partant est prioritaire pour rentrer dans la société). L'objectif de l'unité de méthanisation est de mutualiser les effluents et les surfaces. En termes de fonctionnement la rémunération est basée sur une clé de répartition en fonction du pouvoir méthanogène mis dans le méthaniseur. Les étapes d'approvisionnement en intrants du méthaniseur et de réalisation des épandages sont coordonnées et planifiées par la SAS.

L'expérience d'échange parcellaire de Nozay est une initiative des élus commencée en 2016. Elle concerne 40 agriculteurs sur les 350 exploitations agricoles présentes sur le territoire. Toutes les productions sont représentées, avec de la production conventionnelle et également biologique.

Afin de créer une dynamique, 8 des 40 agriculteurs se sont formés aux échanges parcellaires et constituent ainsi les relais de l'initiative dans le territoire. Les premiers entretiens font ressortir en termes d'atouts des terres homogènes entre agriculteurs (ce qui facilite les échanges), mais aussi des limites avec la disponibilité restreinte d'un acteur central dans la dynamique, des terres drainées et d'autres non, et la réticence de propriétaires. En termes de sources de motivation, les agriculteurs qui s'engagent visent à créer du lien avec d'autres agriculteurs du territoire, à augmenter le pâturage de leurs animaux, à agrandir et rapprocher les îlots culturels, à mieux gérer les effluents. Les moteurs de la dynamique sont des jeunes nouvellement arrivés. Des échanges parcellaires ont eu lieu en 2019 et un nouveau dossier a été déposé fin 2020. Un point est prévu au bout de 3 années d'expérience et il y a une volonté de mesurer l'impact des échanges sur le changement climatique.

3.3.2. Profils des agriculteurs et trajectoire des initiatives

Dans chacun des deux cas, un noyau dur est composé d'agriculteurs ayant de multiples engagements et responsabilités (professionnelles, associatives, collectivités locales), avec quelques profils plus atypiques à Nozay (moindre ancrage territorial, niveau de diplôme élevé).

Les dynamiques collectives bénéficient d'un historique de collaborations en amont du projet, avec notamment un ancrage fort dans les CUMA et dans l'entraide dans les deux cas. L'entretien avec la personne ressource à Nozay indique également une sociabilité locale notable entre les membres du projet (activités sportives, fêtes locales) et la présence d'agriculteurs récemment arrivés sur le territoire qui y ont vu une opportunité de développer des relations et réseaux.

Un autre facteur important est le rôle d'animation de la part de salariés de la chambre d'agriculture, qui intervient à des étapes différentes. A Vihiers, le collectif d'agriculteurs est constitué autour de la question des effluents et de leur valorisation. C'est le chargé de mission énergie à la Chambre d'agriculture 49 qui les oriente vers la méthanisation et qui les accompagne (en particulier par la réalisation de premières études économiques, et d'une enquête auprès des agriculteurs du territoire pour identifier ceux qui pourraient être intéressés par le projet). A Nozay, l'intervention de la chambre est antérieure à la constitution du collectif. Pour donner suite à des échanges et à la demande d'élus de la communauté de communes, l'animatrice de la chambre 44 (chargée des thématiques territoire et commercialisation) organise une réunion d'information, à laquelle participe environ 40 agriculteurs sur les 350 potentiellement concernés. Pour les agriculteurs, l'enjeu principal de l'échange parcellaire est d'augmenter le pâturage et de rapprocher les îlots du siège d'exploitation.

Concernant l'implication des collectivités locales, on peut donc dire que leur action sur Nozay a constitué l'élément déclencheur, relayée donc par l'animation portée par la Chambre d'agriculture. A Vihiers, les collectivités ont été associées ou ont suivi la dynamique du projet, ce qui a été facilité par la double implication de certains acteurs comme porteur de projet et élu local. La cogénération est également présentée comme ayant une forte dimension territoriale (chauffage de structures et équipements collectifs communaux).

3.3.3. Effets sur les pratiques agronomiques et les dynamiques collectives

La gestion de l'unité de méthanisation est vue comme le prolongement de l'activité agricole et notamment de l'activité d'élevage, elle ne doit pas donc entrer en concurrence avec les différents ateliers de production : « L'alimentation ne change pas c'est le troupeau qui prime » (extrait d'entretien avec un agriculteur). Chez cet agriculteur, l'excédent d'herbe en fin de saison est utilisé dans la méthanisation. A un niveau global, le prix d'achat des matières végétales entrant dans le méthaniseur est aligné avec le prix d'achat pour l'alimentation de l'élevage (exemple du maïs).

Un changement important concerne le travail, avec une très forte délégation des activités d'épandage à la SAS, ce qui en diminue la quantité et également la pénibilité (notamment par la diminution des périodes de surcharge de travail). Cet avis est généralisé parmi les éleveurs enquêtés mais certains nuancent cet effet. Pour l'un, le temps passé dans la gestion de l'unité de la méthanisation est plus important que le temps gagné sur la gestion des épandages, pour un autre seule une partie de ses effluents sont gérés par l'unité de méthanisation et l'impact est donc limité sur son temps de travail.

En ce qui concerne la fertilisation, « Ceux qui en mettaient beaucoup en reviennent. Possibilité d'en donner et aussi d'en étendre plus loin de son siège d'exploitation. » (Extrait d'entretien avec un agriculteur). Ainsi un éleveur a réduit les achats de fertilisation minérale grâce à une meilleure répartition des effluents sur ses parcelles.

De plus la composition des digestats de méthanisation est analysée régulièrement et c'est la SAS de méthanisation qui gère les aspects administratifs liés à la fertilisation. Néanmoins le digestat est aussi perçu comme moins intéressant pour la vie du sol par un éleveur dont la vie du sol est un leitmotiv. L'échange parcellaire a aussi eu des effets limités sur des changements de pratiques. La réorganisation des parcelles a souvent permis d'augmenter la part d'herbe dans l'assolement afin d'augmenter la durée du pâturage. Cette augmentation du pâturage diminue légèrement la quantité d'effluents sur les exploitations. Comme les agriculteurs ont une fluctuation minime en surface, ces surfaces d'herbe supplémentaires remplacent des surfaces en maïs principalement. En système bio, certaines pratiques transitoires ont dû être mises en place à la suite de la récupération de terres non certifiées. Ces pratiques impliquent la mise en place de cultures à vocation de litière et non d'alimentation et des parcelles de prairies.

3.4. Enseignements du lot 1

Afin d'extraire du lot 1 les enseignements pour le projet, un atelier participatif a été organisé sur une demi-journée. Il regroupait les partenaires du projet impliqués dans le lot 1 (IFIP, IDELE, ITAVI, INRAE, FRCUMA, CRAPL, CRAB, ESA Angers). Les participants ont travaillé en 5 étapes de façon interactive sur l'outil Miro :

- Etape 1 : chacun a listé les leviers et freins qu'il avait identifiés dans le cadre des différents travaux conduits dans le lot 1 du projet.
- Etape 2 : les leviers et freins ont été regroupés dans différents aspects
- Etape 3 : les aspects ont été ventilés entre ceux gérables par les éleveurs et ceux subits
- Etape 4 : formalisation d'incidences positives ou négatives des solutions collectives
- Etape 5 : classification de ces incidences entre celles qui peuvent être quantifiées par le simulateur du lot 2 et celles qui ne pourraient pas l'être.

3.4.1. Synthèse sur les freins et leviers tirés des travaux du lot 1 (résultats de l'atelier participatif)

Ils se déclinent à chaque fois en trois catégories :

- Les freins et leviers liés au contexte d'implantation de la solution collective : ces derniers déterminent si la solution peut ou pas voir le jour
- Les freins et leviers liés aux caractéristiques de la solution tant dans ses objectifs que la nature de son collectif
- Et des freins et leviers liés au maintien de la solution dans le temps avec des critères techniques, économiques et humains.

Il est à noter que des leviers dans une situation donnée peuvent être des freins dans une autre situation (cas de la réglementation, de la taille du collectif...) : ils se retrouvent de fait dans les deux figures. C'est pour cela que ces freins et leviers ont été répartis en aspects à prendre en compte lors de l'étude d'un projet de solution collective de gestion des effluents pour un territoire. Les deux paragraphes suivants sont la restitution des éléments issus de ces ateliers.

3.4.1.1. Leviers listés en ateliers participatifs

Liés au contexte d'implantation

- Contexte qui attend des évolutions (réglementation, production d'énergie renouvelable, économie circulaire, moins d'engrais minéraux souhaités...)
- Aides financières (AAP)
- Existence préalable de collectifs organisés (ex : CUMA)
- Dynamique territoriale et bonnes relations humaines
- Territoire d'élevage

Liés aux caractéristiques de la solution

- Solutions qui permettent à la fois de gérer un problème et qui rendent service aux éleveurs
- Structure de portage et d'animation dynamique et pérenne qui gère la patrie administrative
- Co-construction de la solution (décloisonnement) avec implication de l'administration
- Mentalité du collectif avec ouverture au changement
- Réalisation d'économies d'échelles
- Hétérogénéité d collectif avec différents types d'effluents (en méthanisation)

Concernant sa gestion

- Remise en question et réajustement réguliers
- Performances évaluées et communiquées
- Echanges et apport de services aux adhérents
- Formation internes pour de nouvelles compétences requises
- Règles collectives transparents et formalisées
- Mutualisation d'outils
- Communication externe
- Contractualisation pour décrire et protéger les rôles de chacun
- Assurer une traçabilité du devenir des effluents et co-produits
- Avoir en routine un fonctionnement économique autonome

3.4.1.2. Freins identifiés en atelier participatif

Liés au contexte d'implantation

- Réglementation (notamment épandage)
- Concurrence sur les usages de la biomasse à relier au coût fluctuant des matières premières
- Territoire avec plus d'élevage distants
- Historique des relations humaines (conflits)

Liés aux caractéristiques de la solution

- Pas de consensus sur les objectifs de la solution collective
- Augmentation des nuisances (trafic routier, paysagé...) et corollaire en terme d'acceptabilité
- Collectif avec agriculteurs proches de la retraite
- Manque de leader
- Collectif important en taille (cohésion et communication plus difficile) ou fragilité d'un petit collectif dans le temps (changements)
- Dimension collective qui complexifie par rapport à une gestion individuelle
- Diversité du collectif en termes de type de production (conventionnelle / bio) ou de type d'effluents
- Agriculteurs réfractaires au changement
- Statuts différents entre participants (propriétaires ou non)

Concernant sa gestion

- Fonctionnement basé sur le volontariat avec temps supplémentaire requis
- Méconnaissance des effluents / potentiel méthanogène en méthanisation
- Méconnaissance des coproduits obtenus (métha -compost)
- Manque de financement après la mise en route
- Répartition de la valeur ajoutée qui doit rester équitable / acceptable pour les différents acteurs
- Pas d'outil pour la gestion collective des effluents (cas échanges parcellaires)
- Pas d'évaluation des performances de la solution collective
- Départ en cours d'un leader

Les aspects identifiés sont listés dans le Tableau 3. Ce tableau permet à un collectif de tester les chances de durabilité de leur solution collective en comptabilisant l'ensemble de leurs leviers et freins.

Tableau 3. Liste des aspects à considérer lors d'une réflexion territoriale pour une solution collective et lien avec les leviers et freins

Aspects à considérer	Éléments à prendre en compte	Leviers	Freins	Gérable (G) / non gérable (NG)
Green deal territorial	Présence d'activité(s) concurrente(s) à la solution collective sur le territoire, notamment en termes de mobilisation de biomasses	non	oui	G/NG
	Interconnexion positive de la solution avec l'écosystème territorial	oui	non	G/NG
	Interconnexion négative de la solution avec l'écosystème territorial	non	oui	G/NG
	Milieu sensible en termes de densité, qualité de l'air ...	oui	non	G/NG
	Territoire avec de nombreux élevages proches	oui	non	G/NG
Contexte humain local des agriculteurs	Agriculteurs Intéressés par la mutualisation et le partage et ouverts au changement	oui	non	NG
Etude de marché	Réalisation d'une étude de marché préalable	oui	non	G
Financement	Identification d'aide financière pour le lancement de la gestion collective	oui	non	NG
	Organisation d'un autofinancement de la solution pour le fonctionnement en routine	oui	non	G
Réglementation	Existence d'une réglementation favorable à la solution collective ou stimulant les résultats de la solution collective	oui	non	NG
	Existence d'une réglementation contraignant la solution collective	non	oui	NG
Gouvernance de la solution	Structure pérenne et animateur(s) pour gérer la solution collective	oui	non	G
	Prise en compte des intérêts individuels de chacun dans la solution	oui	non	G
	Co-construction avec les futurs participants de la solution	oui	non	G
	Association / implication des pouvoirs publics dans le montage de solution	oui	non	G
	Formalisation de règles collectives pour les gérants et participants de la solution collective	oui	non	G
	Contractualisation entre les gérants de la solution et les participants	oui	non	G
	Communication interne	oui	non	G
Caractéristiques du collectif de la solution	Objectifs individuels des participants compatibles entre eux et avec la solution	oui	non	G
Evaluation des performances	Définition d'indicateurs de performances et calcul de ces derniers. Le critère G/NG dépend de l'existence ou pas d'outils pour calculer les indicateurs car les calculs sont complexes.	oui	non	G/NG
Accompagnement des adhérents	Apport de services aux adhérents	oui	non	G
	Proposition de formations aux adhérents	oui	non	G
Travail des adhérents	Augmentation du temps de travail des adhérents ou complexification de ce dernier du fait de leur implication dans la solution collective	non	oui	G
Traçabilité des pratiques collectives	Enregistrement des pratiques liées à la gestion collective et du devenir des effluents	oui	non	G
Communication externe	Réalisation d'une communication externe sur la nature de la solution collective et ses performances	oui	non	G
Acceptabilité sociale	Présence de polémiques sur les élevages au niveau du territoire de mise en place de la solution collective	non	oui	NG
	Intégration dans l'évaluation et la communication externe de critères d'importance pour l'acceptabilité sociale	oui	non	G

3.4.2. Identification d'indicateurs de performances de la solution collective

A partir des leviers et des freins, les participants à l'atelier collaboratif ont identifié les critères de plus-values et de dégradation due à la solution collective. Ces critères sont utiles pour définir une métrologie mesurant les performances de la solution (Figure 13). Parmi ces critères certains vont pouvoir être pris en compte par le simulateur et d'autres non.

Figure 13. Critères à évaluer pour mesurer les plus-values ou dégradations engendrées par une solution collective de gestion des effluents et possible prise en compte de ces derniers par le simulateur (O : oui ; N : non et AV : à étudier).

Critères	Améliorations pour le territoire	Aspects environnementaux	Aspects sociaux	Aspects économiques	Possiblement pris en compte par le simulateur
Nombre d'éleveurs impliqués dans la solution collective	↗		X		O
Part des effluents du territoire impliquée dans la solution	↗		X		O
Temps de travail lié à la gestion collective des effluents	↘		X		AE
Emplois créés par la solution collective	↗		X		N
Image des élevages	↗		X		N
Niveau couplage cultures / élevages	↗	X	X		AE
Ancrage territorial des élevages	↗		X		AE
Métaux lourds apportés aux sols (Cu et Zn)	↘	X			N
Rapport C/N dans les sols du territoire	↗	X			N
Taux de MO des sols	↗	X			N
Masse volumique des effluents et coproduits de traitement à gérer	↗	X			O
Bilan C du territoire	↘	X			AE
Emissions de GES liées à la gestion des effluents (empreinte carbone du m3 d'effluent rendu racine)	↘	X			O
Consommation d'énergies fossiles	↘	X			O
Production d'énergie renouvelable	↗	X			O
Km parcourus pour gérer les effluents	↘	X			O
Autonomie de fertilisation du territoire	↗	X			O
Economie d'engrais minéraux	↗	X			O
Proportion N excrété valorisé agronomiquement	↗	X			O
Qualité de l'eau	↗	X			N
Nitrates lessivés	↘	X			O
Phosphore lessivé	↘	X			O
Emissions de NH3 liées à la gestion des effluents	↘	X			O
Efficiences azotées du territoire	↗	X			AE
Bilan N du territoire	↘	X			O
Emissions d'odeurs	↘		X		AE
Coût de fonctionnement de gestion des effluents (pour les éleveurs, pour la collectivité, pour l'état)	↘			X	AE
Revenu lié à la gestion collective des effluents	↗			X	N
Surcoûts / économies liés à la gestion collective	↘ / ↗			X	N
Santé économique des fermes impliquées dans la solution	↗			X	N
Capacité de transmission des fermes impliquées dans la solution collective	↗		X	X	N

4. Formalisation d'outils d'aide à la décision pour le choix de solutions collectives de gestion des effluents (Lot 2)

Le **lot 2** formalise des outils techniques mobilisables par des territoires souhaitant réfléchir à la mise en œuvre d'une solution de gestion collective des effluents d'élevage. Ils permettent de voir de quoi peuvent être constituées les solutions (modalités de gestion et de traitement des effluents : séparation de phase, compostage, méthanisation...) et ce que cela donnerait en termes de durabilité sur un territoire donné.

4.1. Caractérisation des procédés de traitement d'une solution collective (Tâche 2.1)

Le premier travail réalisé a consisté à choisir et documenter les filières de gestion collective retenues pour le projet : types d'intrants, étapes de gestion, produits et co-produits sortants.

Chacune des filières a ensuite été documentée pour en préciser les flux avec les quantités et la composition des produits sortants en fonction des quantités en composition des produits entrants.

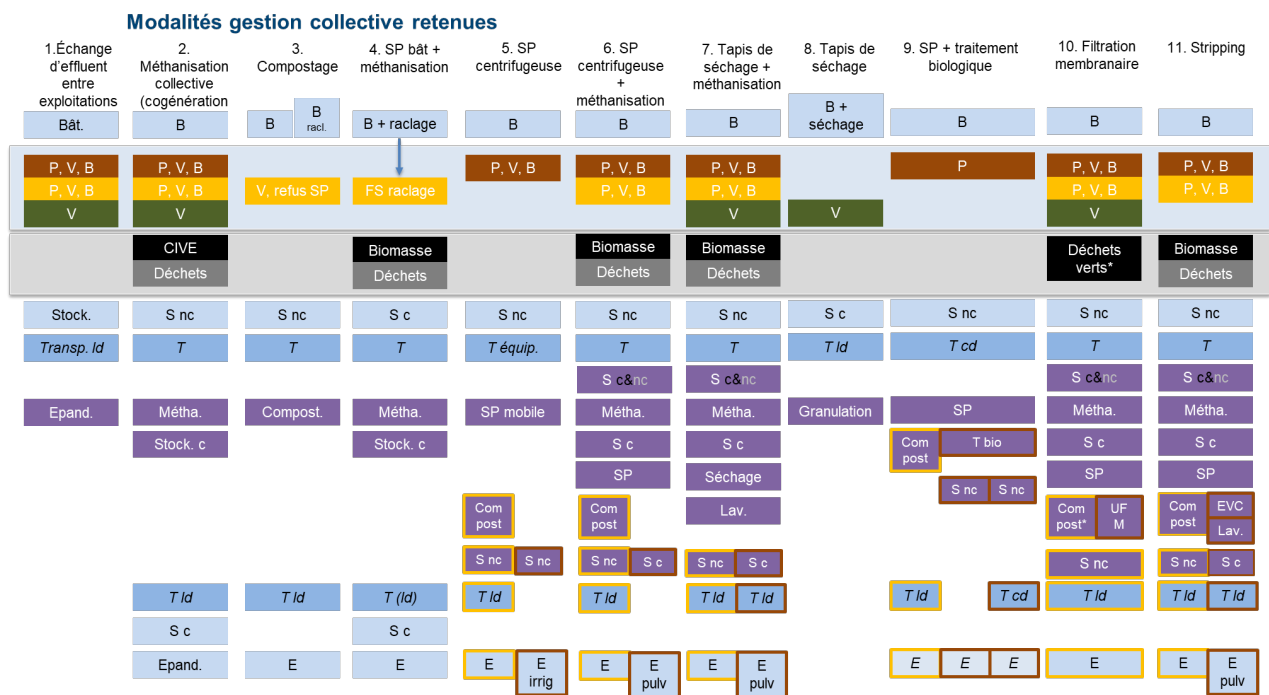
Des données de caractérisation des effluents en sortie de bâtiment et de transformation lors des étapes de stockages classiques ont été collectées et organisées.

Les filières de gestion collectives des effluents ont continué d'être documentées, ce qui a permis d'établir un bilan des transformations opérées par ces dernières.

4.1.1. Onze filières de gestion collective des effluents d'élevage

Onze filières de gestion collective des effluents d'élevage ont été retenues et sont présentées dans la Figure 14.

Elles commencent toutes par la production d'effluents d'élevage collectés en bâtiment (B) d'élevage avec parfois présence de raclage ou séchage. Chacune des filières est caractérisée par le type d'effluents qu'elle peut gérer : soit elles peuvent mobiliser tout type d'effluents comme les lisiers (encadrés marrons) de porc (P) de bovin (B) et avicole (V), les fumiers de porc (P) de bovin (B) et avicole (V) (encadrés jaune), et les fientes de volailles (encadrés verts) (exemple de la filière 2 Méthanisation collective), soit elles sont spécifiques d'effluents solides (exemple de la filière 3 Compostage). Certaines des filières peuvent également valoriser des déchets exogènes à l'agriculture (déchets d'industries agro-alimentaires, déchets verts de collectivités). Au niveau des exploitations participant à la filière de gestion collective il y a le plus souvent un court stockage des effluents (S) couvert (c) ou non couvert (nc). Ensuite les effluents sont transportés (T) à l'unité de gestion collective (ou à une autre ferme dans les cas des échanges d'effluents : filière 1). Ce transport peut être réalisé sur de longues distances (ld). Sur l'unité de gestion collective, il peut y avoir comme étape de gestion du stockage, du stockage, de la méthanisation (métha), de la séparation de phase (SP), du séchage, du lavage d'air (Lav), du traitement biologique (T bio), du compostage (compost), de l'ultra filtration membranaire (UFM), de l'évapo-concentration (EVC). Des étapes produisent en sortie plusieurs coproduits : certains sont liquides figurés par des encadrés entourés de jaune ; d'autres sont solides figurés par des encadrés entourés de marron). La valorisation finale est le plus souvent de l'épandage (Epan) avec du transport.



Légende :

Bât ou B : Bâtiment ; **Stock ou S :** stockage ; **Epan ou E :** épandage ; **Transp ou T :** Transport

Nc : non couvert ; **c :** couvert ; **ld :** longue distance ; **cd :** courte distance

P : porc ; **V :** volailles, **B :** bovins

CIVE : culture intermédiaire à valeur énergétique

Métha : méthanisation ; **SP :** séparation de phases ; **T bio :** traitement biologique ; **UFM :** ultra filtration membranaire ; **EVC :** évapo-concentration ; **Lav :** lavage d'air

Irrig : irrigation ; **pulv :** pulvérisation

Figure 14. Filières de gestion collective des effluents retenues pour le projet

4.1.2. Paramètres de caractérisation des effluents

Les effluents d'élevage ont été caractérisés en sortie de bâtiment pour les filières bovines, porcines et avicoles (Tableau 4).

Tableau 4. Compositions des effluents d'élevage considérés en sortie de bâtiment – source : Brochure valorisation agronomique des effluents d'élevage du RMT Elevages et environnement (Levasseur et al., 2019) et expertise IDELE, ITAVI et IFIP

Type_effluent	kg/t produit brut						Potentiel_metha
	MS	MO	N total	TAN	P2O5	K2O	
Lisier truies	23,3	11,7	2,2	1,7	1,5	1,5	301,7
Lisier porcelet post sevrage	67,3	49,2	5,2	2,7	3,6	4,5	352,8
Lisier porcs à l'engrais	68,4	45,9	5,8	3,7	3,2	4,8	352,8
Lisier bovin	91	78	3,49	1,33	1,17	3,59	293,0
Fumier bovin	196	168	7,32	1,25	2,86	8,86	225,0
Lisier de canard à rôti	104	88,4	6,1	2,8	2,7	2,4	526,0
Fumier de poulet de chair	622	518	21,9	3	14,7	19	222,4
Fumier de poulet de chair SIQO	735	591	20,6	2,8	18,4	19	222,4
Fientes poules pondeuses	848	628	39,5	3,2	37,8	25,7	291,4

Des facteurs de pertes et de modification du tonnage des effluents ont également été calés pour le stockage (Tableau 5) et pour l'épandage (Tableau 6).

Tableau 5. Facteurs de pertes au stockage et de modification du tonnage des effluents

Type_effluent	NH3 (kg N-NH3/kg TAN entrée stockage) - Emep 2019	N2O direct (kg N_N2O/kg N entrée stockage) - IPCC 2019	N2O indirect (kg N2O-N/kg NH3-N au stockage) - IPCC 2019	N2 (kg N_N2/kg N entrée stockage) - Emep 2019*	CH4 (kg CH4/kg MO) - IPCC 2019	Facteur conversion tonnage effluents sortie Bât / sortie Stock
Lisier truies	0,11	0,005	0,01	0,0015	0,111555	1
Lisier porcelet post sevrage	0,11	0,005	0,01	0,0015	0,111555	1,17
Lisier porcs à l'engrais	0,11	0,005	0,01	0,0015	0,111555	1,12
Lisier bovin	0,25	0,005	0,01	0,0015	0,059496	1,75
Fumier bovin	0,32	0,01	0,01	0,15	0,006432	0,82
Lisier de canard à rôtir	0,24	0,005	0,01	0,0015	0,089244	1,15
Fumier de poulet de chair	0,3	0,01	0,01	0,15	0,003618	1,1
Fumier de poulet de chair SIQO	0,3	0,01	0,01	0,15	0,003618	1,1
Fientes poules pondeuses	0,08	0,01	0,01	0,15	0,0039195	1

* en considérant que 50% des pertes N2 des étapes Bâtiment et stockage se font au stockage

** B0x0,67xMCF

Tableau 6. Facteurs de pertes à l'épandage des effluents et dose d'apport max

Type_effluent	NH3 (kg N-NH3/kg TAN épandu) - Emep 2019	N2O direct (kg N_N2O/kg N épandu) - IPCC 2019	N2O indirect 1 (kg N2O-N/kg NH3-N) - IPCC 2019	N2O indirect 2 (kg N2O-N/kg NO3-N) - IPCC 2019	NO3 (kg N_NO3/kg N épandu) - IPCC 2019	P (kg P/kg P épandu)	Dose épandage max (t/ha)
Lisier truies	0,29	0,01	0,01	0,011	0,24	0,01	30
Lisier porcelet post sevrage	0,4	0,01	0,01	0,011	0,24	0,01	30
Lisier porcs à l'engrais	0,4	0,01	0,01	0,011	0,24	0,01	30
Lisier bovin	0,55	0,01	0,01	0,011	0,24	0,01	30
Fumier bovin	0,68	0,01	0,01	0,011	0,24	0,01	15
Lisier de canard à rôtir	0,54	0,01	0,01	0,011	0,24	0,01	30
Fumier de poulet de chair	0,38	0,01	0,01	0,011	0,24	0,01	8.5
Fumier de poulet de chair SIQO	0,38	0,01	0,01	0,011	0,24	0,01	8.5
Fientes poules pondeuses	0,25	0,01	0,01	0,011	0,24	0,01	4.5

4.1.3. Matrices de transformation des unités de gestion collective

Le Tableau 7 présente les matrices de transformation retenues pour les unités de gestion collectives. Les taux de pertes considérés sont représentés dans le Tableau 8.

Ces données conduisent à des bilans matière représentés dans les Figure 15 et Figure 16.

Les différentes filières génèrent entre 1 et 3 coproduits différents. Elles filières perdent par ailleurs :

- entre 5% et 60% de l'azote entrant. Les pertes se font sous forme d'ammoniac, de protoxyde d'azote et de diazote, dans des proportions différentes suivant les filières.
- entre 0% et 75% du carbone entrant. Les pertes se font essentiellement sous forme de dioxyde de carbone, et dans une moindre mesure sous forme de méthane (entre 1% et 23%).

Tableau 7. Matrices de transformation des filières de gestion collective (FGC)

Co_produit issus des FGC	Filières de gestion collective	Taux conservation					MB (kg/t intrant)	kg N-NH4/kg N tot	Forme (liquide / solide)	Facteurs d'émissions à l'épandage				Dose_max épand. (t/ha)
		MS	MO	Ntot	P2O5	K2O				NH3 (kg N-NH3 / kg TAN épandu)	N2O (kg N-N2O/kg N épandu)	NO3 (kg N-NO3/ kg N épandu)	P (kg P/kg P épandu)	
Digestat_Metha	F2_Metha	0,400	0,300	0,920	1,000	1,000	900	0,63	liquide	0,497	0,01	0,24	0,01	30
CompostFumierV	F3_Compost_FumierV	0,750	0,700	0,850	1,000	1,000	500	0,35	solide	0,437	0,01	0,24	0,01	15
CompostRefus_SP_Lisier	F4_SP_Lisier	0,680	0,610	0,210	0,750	0,140	70	0,43	solide	0,437	0,01	0,24	0,01	15
FractionLiquide_SP_Lisier	F4_SP_Lisier	0,150	0,150	0,740	0,250	0,860	860	0,72	liquide	0,497	0,01	0,24	0,01	30
CompostRefus_SP_Digestat	F5_Metha_SP	0,179	0,143	0,207	0,710	0,200	58,5	0,23	solide	0,437	0,01	0,24	0,01	15
FractionLiquide_SP_Digestat	F5_Metha_SP	0,176	0,099	0,681	0,290	0,800	783	0,73	liquide	0,497	0,01	0,24	0,01	30
DigestatSec_Tapis	F6_Metha_Tapis	0,400	0,300	0,633	1,000	1,000	74,5	0,45	solide	0,437	0,01	0,24	0,01	15
SulfateAmmonium_Tapis	F6_Metha_Tapis	0,060	0,000	0,288	0,000	0,000	25,5	1,00	solide	0,437	0,01	0,24	0,01	15
Granule_Tapis	F7_Tapis	1,000	1,000	0,625	1,000	1,000	354	0,08	solide	0,437	0,01	0,24	0,01	15
CompostRefus_SP_Lisier	F8_TraitBio_SP	0,680	0,610	0,210	0,750	0,140	70	0,37	solide	0,437	0,01	0,24	0,01	15
Boue_TrBio	F8_TraitBio_SP	0,071	0,063	0,073	0,110	0,100	86	0,04	liquide	0,497	0,01	0,24	0,01	30
Surnageant_TrBio	F8_TraitBio_SP	0,047	0,042	0,110	0,140	0,760	774	0,24	liquide	0,497	0,01	0,24	0,01	30
CompostRefus_SP_UFM	F9_Metha_UFM	0,361	0,214	0,740	1,000	0,938	355	0,17	solide	0,437	0,01	0,24	0,01	15
EauxPures_UFM	F9_Metha_UFM	0,000	0,000	0,110	0,000	0,062	370	1,00	liquide	0,497	0,01	0,24	0,01	30
CompostRefus_SP_EVC	F10_Metha_EVC	0,330	0,210	0,620	1,000	1,000	126	0,32	solide	0,437	0,01	0,24	0,01	15
SulfateAmmonium_EVC	F10_Metha_EVC	0,023	0,000	0,104	0,000	0,000	9,7	1,00	solide	0,437	0,01	0,24	0,01	15
CompostRefus_SP_Digestat	F11_Metha_Stripping	0,179	0,143	0,210	0,710	0,200	58,5	0,23	solide	0,437	0,01	0,24	0,01	15
SulfateAmmonium_Stripping	F11_Metha_Stripping	0,100	0,000	0,520	0,000	0,000	46	1,00	solide	0,437	0,01	0,24	0,01	15
LiquideTraite_Stripping	F11_Metha_Stripping	0,074	0,100	0,160	0,290	0,800	783		liquide	0,497	0,01	0,24	0,01	30

Tableau 8. Pertes N et C dans les filières de gestion collective (FGC)

Nom_FiliereGestion	kg N perdu / kg N entrée	kg C perdu / kg C entrée	Tx Pertes N-NH3	Tx Pertes N-N2O	Tx Pertes N-N2	Tx Pertes N-NO	Tx Pertes C-CH4	Tx Pertes C-CO2
F1_Echange			0,0027	0,0027	0,0027	0,0027	0,0027	0,0027
F2_Metha	0,08	0,7	0,4322	0,0027	0,5630	0,0021	0,0408	0,9588
F3_Compost_FumierV	0,15	0,3	0,8100	0,0400	0,1500	0,0000	0,0100	0,9900
F4_SP_Lisier	0,05	0,24	0,3200	0,0800	0,6000	0,0000	0,0410	0,9590
F5_Metha_SP	0,11	0,76	0,3711	0,0347	0,5929	0,0013	0,0411	0,9585
F6_Metha_Tapis	0,08	0,70	0,4322	0,0027	0,5630	0,0021	0,0408	0,9588
F7_Tapis	0,375	0,00	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
F8_TraitBio_SP	0,607	0,285	0,0620	0,0130	0,9250	0,0000	0,2250	0,7750
F9_Metha_UFM	0,15	0,79	0,3711	0,0347	0,5929	0,0013	0,0411	0,9585
F10_Metha_EVC	0,276	0,79	0,3711	0,0347	0,5929	0,0013	0,0411	0,9585
F11_Metha_Stripping	0,11	0,76	0,3711	0,0347	0,5929	0,0013	0,0411	0,9585

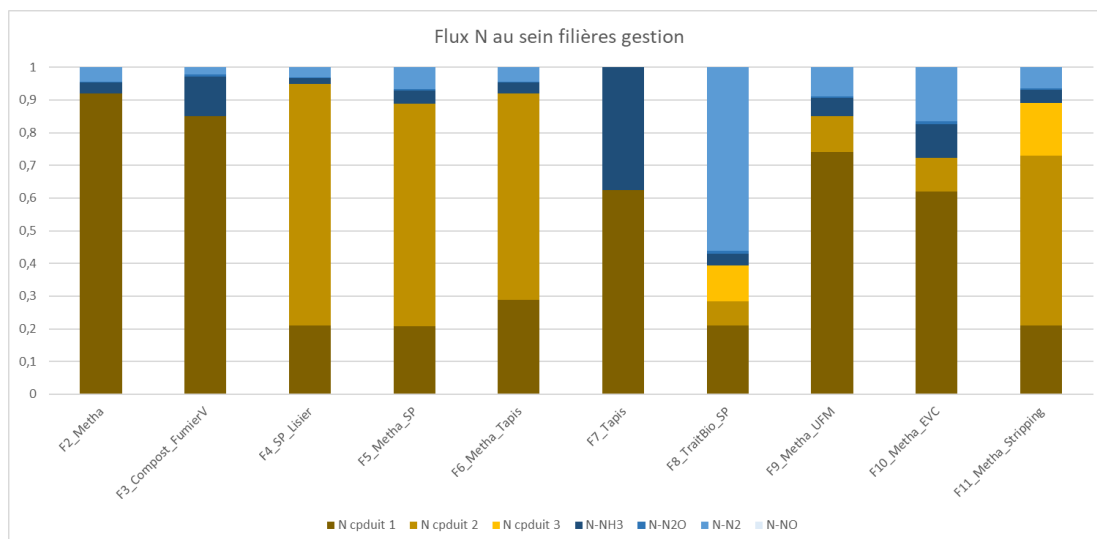


Figure 15. Bilan N des filières de gestion collective

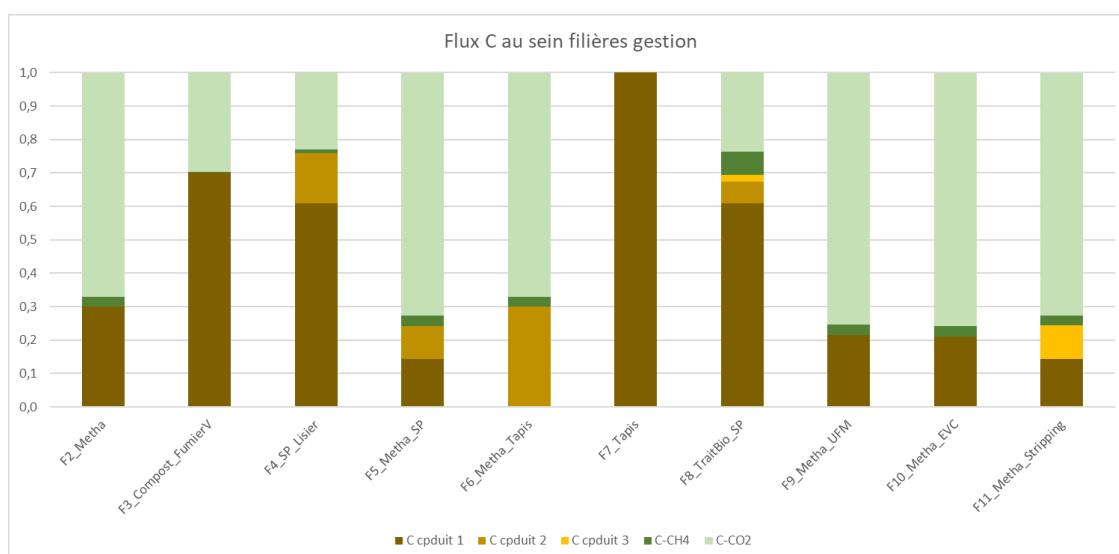


Figure 16. Bilan C des filières de gestion collective

4.2. Production d'un simulateur de solutions collectives (Tâche 2.2)

Les étapes de travail ont été les suivantes :

- Construction d'un cahier des charges du simulateur
- Récupération et mise en forme des bases de données (Bdd) d'arrière-plan du modèle :
 - Bdd sur les exploitations du territoire avec les tonnages d'effluents d'élevage produits chaque année et chaque mois pour chaque exploitation
 - Bdd sur les ilots cultureux avec leur surface et leur occupation culturale (source : RPG 2017)
 - Bdd sur le réseau routier, urbanisme... (source : IGN)
 - Bdd sur les caractéristiques des effluents et des coproduits de traitement (cf. tâche 2.1)
 - Bdd sur les cultures avec leur rendement, leur compatibilité ou incompatibilité avec l'épandage d'effluents et de coproduits de traitement, leur dose d'apports d'azote minéral incompressible. Cette base de données a été construite avec l'expertise de la CRA PL.
 - Bdd sur les unités de gestion collective avec les matrices de transformation entre les intrants et les sortants (cf. tâche 2.2)

- Bdd des distances entre toutes les exploitations agricoles du territoire (distance par route compatible avec les camions)
- Développement du simulateur en langage Python avec l'outil Jupyterlab (v 4.0.7).

4.2.1. Description du modèle

L'objectif du simulateur est de tester différentes options de gestion collective des effluents sur un territoire donné et en mesurer les incidences sur la durabilité du territoire et de ses éleveurs.

Les cibles du simulateur sont :

1/ les acteurs impliqués dans la gestion du territoire (conseiller chambre d'agriculture, collectif d'éleveurs, animateur bassin versant...) pour leur permettre de trouver une solution durable et de faciliter la mise en œuvre d'une économie circulaire ;

2/ la recherche / développement pour tester des scénarios avec des facteurs de variations et quantifier l'intérêt d'une économie circulaire sur un territoire ;

3/ l'enseignement en lui fournissant un outil de réflexion sur les systèmes d'élevage et leur durabilité à l'échelle du territoire.

Le modèle développé est un **modèles multi-agent spatialisé** qui intègre :

- Différentes échelles avec celles du territoire, des e et des parcelles.
- L'occupation des sols avec un focus sur les lieux d'implantation des exploitations agricoles et sur les parcelles avec leur occupation du sol d'une année donnée.
- Une partie biotechnique comprenant la gestion des effluents avec leurs transformations et pertes associées au cours des différentes étapes.
- Les relations/comportements sociaux via la prise en compte : 1/ de la volonté de participer à solution collective, 2/ des règles d'alimentation des unités gestion collective et de redistribution des co-produits.

C'est un **modèle empirique** qui utilise des facteurs d'émissions pour les calculs des flux environnementaux des étapes de gestion des effluents en fonction du contenu en azote, en azote minéral, en matière organique ou en phosphore

Enfin, c'est un **modèle statique** qui fournit un bilan annuel.

4.2.1.1. Classes du modèle

Le modèle est constitué de 4 classes (Figure 17).

- **Une classe « Territoire »** qui rassemble les informations relatives au territoire dans son ensemble. Cette dernière est composée des exploitations et des unités de gestion, et les construit.
Voici ses fonctions :
 - Création de plans d'épandage annuels intrinsèques à chaque exploitation
 - Détermination du pool maximal de participants à l'unité de gestion collective (UG)
 - Détermination du/des emplacement(s) de(s) UG
 - Fonction d'appel des fonctions intrinsèques aux exploitations et unités de gestion (production d'effluent, réalisation de l'épandage, approvisionnement de l'UG)
- **Une classe « Exploitation »** qui est composée de parcelles et qui les construit.
Voici ses fonctions :
 - Calcul du plan d'épandage annuel (FUMIGENE)
 - Production des effluents
 - Réalisation de l'épandage
- **Une classe « Unité de gestion »** qui gère ses approvisionnements en effluents et ses exportations de coproduits de sortie.
Voici ses fonctions :
 - Calcul des quantités de coproduits annuels (après FUMIGENE, apport des effluents)
 - Calcul de l'approvisionnement en effluents et l'exportation de coproduits
- **Une classe « Parcelle »** qui représente les parcelles associées à une exploitation. Chaque parcelle est caractérisée par une surface, un couvert végétal, et des besoins en fertilisation.
 - Besoin de culture en éléments N, P et K sur la parcelle
 - $Besoins_{P2O5_{kg}} = (besoin.P2O5_{culture} * rendement_{culture}) * surface_{ha}$
 - $Besoins_N = (besoin.N_{culture} * rendement_{culture}) * surface_{ha}$
 - $Besoins_K = (besoin.K2O_{culture} * rendement_{culture}) * surface_{ha}$

- $Besoins_{N170} = 170 * surface_{ha}$
- Calcul des besoins qui devront être couverts par la fertilisation organique (résultats de FUMIGENE)
- Attributs : quantité de chaque fertilisant qui va être apporté à la parcelle pour chaque saison, et au total
- 1 culture /an /parcelle

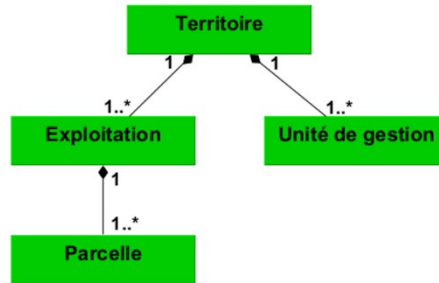


Figure 17. Classes du modèle GESTE

4.2.1.2. Principes et étapes de fonctionnement du modèle

La Figure 18 présente le diagramme de fonctionnement du modèle.

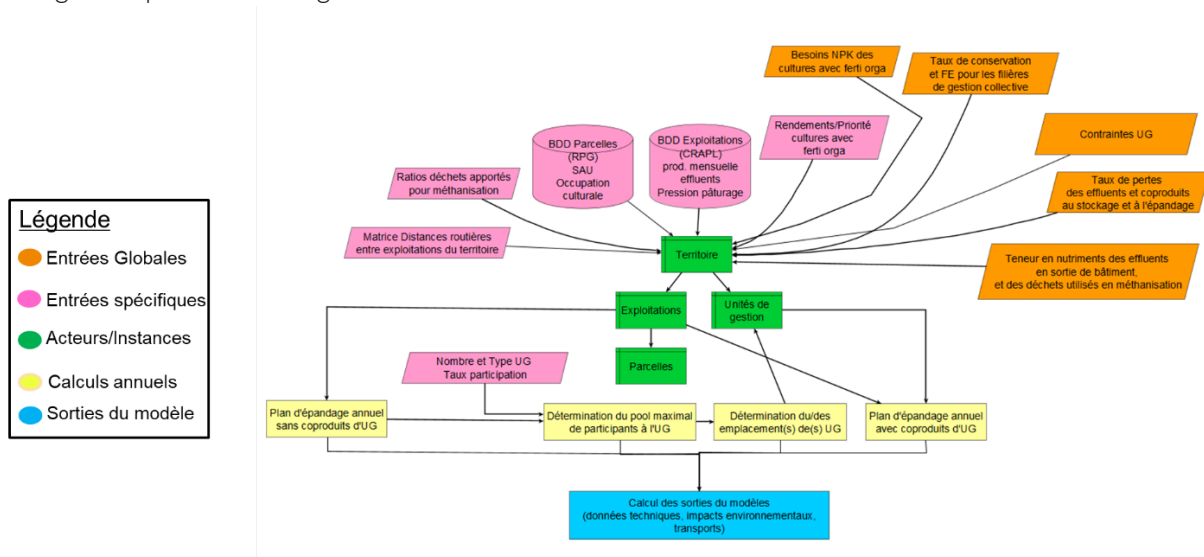


Figure 18. Diagramme de fonctionnement du modèle

Les entrées du modèle sont les suivantes :

- Une base de données concernant les exploitations du territoire avec, leurs coordonnées géographiques, leur gisement annuel d'effluents issus du bâtiment et la part de rejets des animaux excrétés au pâturage (pour les bovins). Spécifiquement pour les bovins, la part des effluents issus du bâtiment est ventilée par mois sur une année.
- Une base de données concernant les parcelles du territoire. Chaque parcelle dispose d'une occupation culturale et est rattachée à une exploitation. Chaque parcelle a par ailleurs une forme géométrique et des coordonnées géographiques. Les informations proviennent du RPG 2016.
- Une base de données sur les effluents avec leur composition en sortie de bâtiment (teneur en MS, en MO, en azote, en NH₄, en P₂O₅, en K₂O, potentiel méthanogène), les facteurs d'émissions gazeuses au stockage (NH₃, N₂O, N₂, CH₄) et à l'épandage (P et NO₃ en plus) (cf. tâche 2.1), les doses d'épandage minimales et maximales.
- Deux bases de données en lien avec les filières de gestion collective :

- Une sur les matrices de transformation entre les intrants et les coproduits de traitements générés, avec également les doses d'épandage minimales et maximales des coproduits de traitement,
- Une sur les pertes N et C en cours de filière avec les différentes formes gazeuses.
- Une base de données sur les cultures avec leur rendement annuel, leurs besoins en N, P, K, leur apport en N minéral incompressible et leur compatibilité ou incompatibilité avec les différents effluents et coproduits de traitement issus des filières de gestion collective
- Une base de données sur la ration de déchets incorporable pour les filières de méthanisation (type de déchets et proportion).
- Une base de données sur les distances relatives entre toutes les exploitations du territoire en passant par le réseau routier accessible aux camions.

Toutes ces données sont rattachées au territoire d'étude dans lequel il y a des exploitations et des unités de gestions et chaque exploitation dispose de parcelles.

Pour commencer une simulation, l'utilisateur renseigne des données :

- Il fournit une base de données de toutes les exploitations du territoire avec leur localisation, leurs effectifs animaux, la liste des parcelles associées
- Il procure également une base de données des parcelles du territoire avec un lien avec les exploitations et avec une précision de leur occupation culturale une année donnée.
- Enfin il choisit une filière de gestion collective à tester sur le territoire en précisant :
 - Le nombre maximal d'unités à implanter sur le territoire
 - Le taux de participation effectif des participants potentiels à la solution collective
 - Le taux d'effluents potentiels mobilisés dans la solution collective

① La première étape de fonctionnement du modèle est de générer le territoire avec ses exploitations (avec leurs effluents d'élevage) et ses parcelles (avec leur occupation culturale)

② La deuxième étape de fonctionnement du modèle est de générer un plan d'épandage sans filière de gestion collective. Ce plan d'épandage ne va concerner que les parcelles du territoire ayant comme occupation culturale une culture pouvant recevoir a minima un type d'effluents d'élevage. Cette étape va utiliser un module dérivé du modèle Fumigène (Chardon et al., 2008). Elle va définir pour chaque exploitation les épandages et la fertilisation minérale réalisés sur chacune de parcelle. Des quantités d'effluents excédentaires sont identifiés pour chaque exploitation à l'issue de cette étape.

③ La troisième étape est le calcul des flux environnementaux des unités stockage et des parcelles du territoire pouvant recevoir effluents d'élevage.

④ Sur la base de la filière de gestion collective choisie, **le modèle va ensuite déterminer le pool maximal de participants à la filière sur le territoire** en prenant en compte les effluents compatibles avec la filière de gestion collective (types d'effluents acceptés par l'UG et les quantités minimales à envoyer) et leur nature ou pas excédentaire. Le modèle intègre également à ce niveau le taux de participation défini par l'utilisateur (choix aléatoire des exploitations qui ont la volonté de participer en appliquant le taux défini). En sortie de cette étape, le simulateur a une liste des exploitations éligibles pour participer à la solution de gestion collective, sans notion de distance à l'UG. Les règles de définition du pool maximal de participants à l'unité de gestion collective sont présentées dans le Tableau 9.

⑤ Le modèle définit ensuite le ou les emplacements optimaux des unités de gestion collective sur le territoire en prenant en compte des contraintes de distance et de zones possibles d'implantation. Les zones possibles d'implantation considérées sont les sites des exploitations agricoles. A l'issue de cette étape une ou des unités sont localisée(s) sur le territoire, les exploitations envoyant des effluents sont déterminées avec leurs types d'effluents et les quantités annuelles concernées. Les règles de détermination sont présentées dans le Tableau 10.

⑥ Le modèle calcule les flux environnementaux des UG, ainsi que la réattribution des coproduits aux exploitations du territoire. La réattribution se fait dans un premier temps parmi les participants à l'UG. Ces deniers sont considérés successivement, en commençant par ceux qui ont les plus petits besoins en N et P organiques, jusqu'à ceux qui ont le plus de besoins.

Pour chacun d'entre eux, leurs droits est calculé au prorata de leurs apports auxquels d'ajoutent les éventuels droits des précédents non pris (car situation excédentaire). S'il reste des co-produits après le tour des possibilités de reprise des participants, l'affectation du reste des coproduits à des non-participants est gérée avec un tri de ces derniers des plus proche aux plus éloignés des unités de gestion collectives.

⑦ **Un nouveau plan d'épandage est défini** avec le modèle Fumigène en intégrant les co-produits de traitement issus des unités de gestion collective.

⑧ Si le temps de développement le permet, une dernière étape sera de passer un plan d'épandage théorique au **plan d'épandage au pas de temps du modèle** (la semaine).

Tableau 9. Règles de détermination du pool maximal de participants à l'unité de gestion collective

Unité de gestion (UG)	Méthanisation	Compostage	Traitement bio	Tapis séchage	Séparation de phase
Type d'effluents	Tous lisiers, tous fumiers	Fumiers et fientes de volaille (+ fumier de bovin)	Lisier porcin (priorité eng + PS, puis truie)	Fientes de poules pondeuses	Lisiers tous types
Règle quantité effluent			200 m ³ /an <Excédents indiv. <4000 m ³ /an		100 m ³ /an < Excédents indiv. < 1000 m ³ /an
Fonctionnement		1. Excédents ou 2. tout	Que des excédents		Que des excédents

Tableau 10. Règles de détermination du ou des emplacements des unités de gestion collective

Unité de gestion (UG)	Méthanisation	Compostage	Traitement bio	Tapis séchage	Séparation de phase
Distance max à l'UG	Priorité 5km pour lisier ; 10km pour fumier	80 km (priorité aux plus près)	60 km (priorité aux plus près)		Pas de distance max
Priorisation	Priorisation des excédents ; Lisier : si mini excédents 200 m ³ /an				
Contraintes mélange	10% < Teneur MS < 18% ; teneur N < 0,5% ; Part mini des effluents d'élevage = 60% Mixe de tout le territoire	Taux MS mixe effluents 40-60% (mixe territoire)	2% < teneur MS (individuel)	80% de MS (individuel)(% des fientes produites)	2% < teneur MS (individuel)
Quantité pour installation	Min 5000 tonnes/an territoire	60 000 tonnes/an territoire	Mini 6000 m ³ /an territoire		Excédents territoire > 30 000 m ³ /an (si >130 000 m ³ /an alors 2 UG)

4.2.1.3. Focus sur les plans d'épandage et la fertilisation

Les plans d'épandage sont réalisés avec une fonction d'optimisation gérée par le package Pulp sous Python (Figure 19). La fonction maximise la quantité de chaque fertilisant organique appliqué sur chaque parcelle, pour chaque saison en considérant deux saisons dans l'année (S1 : Janvier-Juillet, S2 : Août-Décembre). Les fertilisants organiques considérés sont les effluents produits dans les élevages (plans d'épandage sans unité collective), auxquels d'ajoutent les coproduits en sortie des UG (ou effluents d'autres exploitations en cas d'échange). Leurs apports sur les parcelles se fait via des épandages unitaires encadrés par des doses minimales et maximales définies par type d'effluent, en fonction des besoins des plantes, et dans la limite d'un apport de 170 kg d'azote organique par hectare. La fertilisation de chaque culture est ensuite complétée par des apports minéraux en fonction du besoin des plantes. Des priorisations s'opèrent entre cultures et type d'effluent par saison grâce à des coefficients entre 0 et 1.

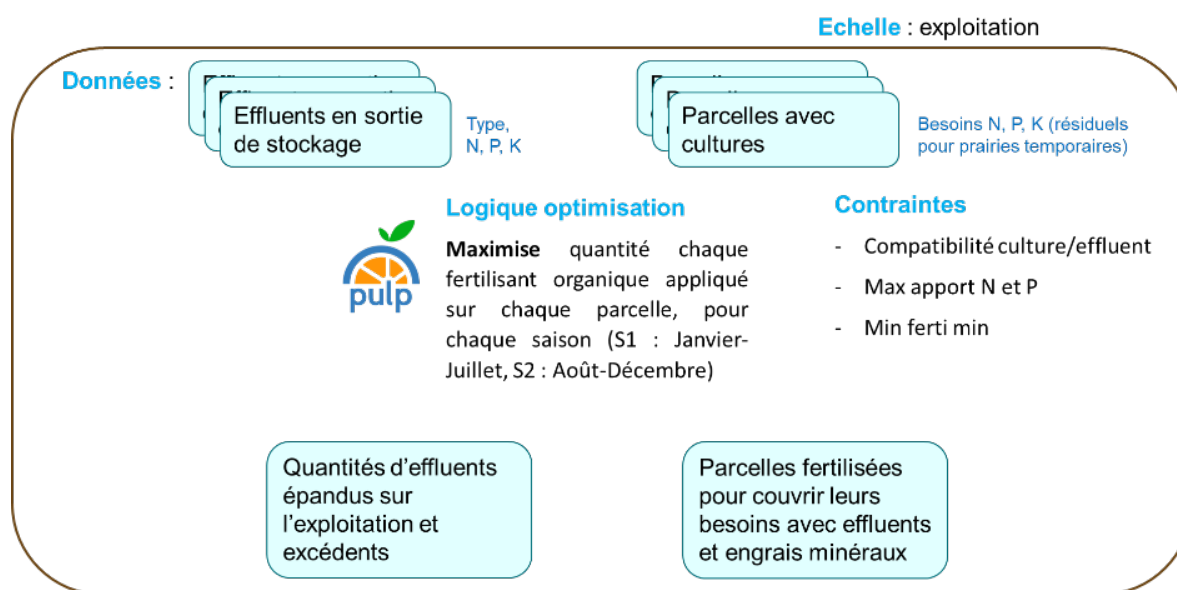


Figure 19. Optimisation des plans d'épandage du modèle GESTE

Voici l'équation d'optimisation avec w effluents, f parcelles et p saison :

$$\max F = \sum_w \sum_f \sum_{p=1}^2 [(X_{w,f,p} \times Area_f) \times P_{w,f,p}]$$

$X_{w,f,p}$ est la quantité de chaque fertilisant w produit sur l'exploitation e et appliquée sur la parcelle f pendant la période p (en t/ha) est notée = variable de décision

$Area_f$ est surface de la parcelle f

$P_{w,f,p}$ est le coefficient de priorité d'épandage du fertilisant w sur la culture de la parcelle f pendant la période p (compris entre 0 et 0,8).

Voici les contraintes associées à la fonction d'optimisation :

$$\sum_w \sum_{p=1}^2 (X_{w,f,p} \times N_w) \leq \min (170, ReqN_f - ReqNmin_f)$$

$$Dosemin_w \leq X_{w,f,p} \leq Dosemax_w \text{ si } P_{w,f,p} \neq 0$$

$$X_{w,f,p} = 0 \text{ si } P_{w,f,p} = 0$$

$$\sum_w \sum_{p=1}^2 (X_{w,f,p} \times P205_w) \leq ReqP205_f$$

$$\sum_f \sum_{p=1}^2 (X_{w,f,p} \times Spreadable_Area_f) \leq QtitéTot_w$$

4.2.1.4. Focus sur l'implantation et l'alimentation des unités collectives

Le calcul de l'implantation des unités de gestion collectives sur le territoire est également défini par une fonction d'optimisation dans le simulateur. Les emplacements possibles sont ceux des exploitations agricoles du territoire.

Les variables à trouver sont :

- b_u un binaire décrivant si l'unité de gestion est créée ou non,
- $b_{e,u,w}$ un binaire décrivant si l'unité de gestion et l'exploitation sont associées pour un type d'effluent donné en fonction de la condition de la distance exploitation-UG,
- Les quantités $F_{e,u,w}$ de chaque type d'effluent que chaque exploitation envoie à l'UG.

La fonction va minimiser les quantités d'effluents mobilisés dans les UG multiplié par les distances parcourues par route :

$$\min F = \sum_{e \in E} \sum_{u \in U} \sum_{w \in W} (F_{e,u,w} \times d_{e,u})$$

Avec :

$d_{e,u}$ la distance entre l'exploitation e et l'unité de gestion u par route, en km

U l'ensemble des emplacements possibles pour les unités de gestion sur le territoire

E l'ensemble des exploitations installées sur le territoire

Les contraintes du problème d'optimisation sont les suivantes :

$$\begin{cases} \sum_{u \in U} b_{e,u,w} = 1 \text{ if } d_{e,u} \leq \text{DistMax}_w & \text{Une exploitation est liée à une seule UG en dessous de la distance max} \\ b_{e,u,w} = 0 \text{ if } d_{e,u} > \text{DistMax}_w & \text{La quantité transportée de l'exploitation } e \text{ à l'UG } u \text{ est de 0 si elle est au-delà de la distance max} \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{e,u,w} \leq b_{e,u,w} \times \min(\text{TotProd}_{e,w}, \text{MaxParticip}_{u,w}) \text{ si filière avec envoi de tous les effluents} \\ F_{e,u,w} \geq b_{e,u,w} \times \max(\text{Excedent}_{e,w}, \text{MinParticip}_{u,w}) \text{ si filière avec envoi de tous les excédents} \\ F_{e,u,w} = b_{e,u,w} \times \min(\text{Excedent}_{e,w}, \text{MaxParticip}_{u,w}) \text{ si filière avec envoi de tous les excédents} \end{cases}$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{w \in W} F_{e,u,w} \geq b_u \times \text{MinCapacityUnit}_u \quad \text{La quantité totale d'effluents apportés à l'unité de gestion } u \text{ est supérieure ou égale à la capacité minimale de l'unité}$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{w \in W} F_{e,u,w} \leq b_u \times \text{MaxCapacityUnit}_u \quad \text{La quantité totale d'effluents apportés à l'unité de gestion } u \text{ est inférieure ou égale à la capacité maximale de l'unité}$$

$$\sum_{u \in U} b_u \leq \text{NbMaxUnites} \quad \text{Le nombre d'unités de gestion créés est inférieur ou égal au nombre maximum d'unités attendu}$$

$$\left(\sum_{e \in E} \sum_{u \in U} \sum_{w \in W} (F_{e,u,w}) \right) / \text{totalEffluents} \geq \text{propmin} \quad \text{La proportion des effluents du territoire envoyée aux UG est supérieure ou égale à une proportion minimale décidée par l'utilisateur}$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{w \in W} \sum_{u \in U} F_{e,u,w} \times \text{TeneurMS}_w \leq \text{TeneurMSMaxMelange}_u \times \text{QtéTotaleApport}_u$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{w \in W} \sum_{u \in U} F_{e,u,w} \times \text{TeneurMS}_w \geq \text{TeneurMSMinMelange}_u \times \text{QtéTotaleApport}_u$$

Et uniquement pour la méthanisation :

$$\sum_{e \in E} \sum_{w \in W} \sum_{u \in U} F_{e,u,w} \times \text{TeneurN}_w \leq \text{TeneurNMaxMelange}_u \times \text{QtéTotaleApport}_u$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{w \in W} \sum_{u \in U} F_{e,u,w} \times \text{TeneurN}_w \geq \text{TeneurNMinMelange}_u \times \text{QtéTotaleApport}_u$$

4.2.2. Résultats des simulations

Les résultats obtenus pour la filière de gestion avec méthanisation sont présentés dans le Tableau 11.

On y retrouve des informations descriptives de la situation de départ du territoire avec 818 exploitations agricoles dont 75 sans SAU et 743 avec en moyenne 77 ha. Parmi les exploitations agricoles, le territoire compte 521 élevages. Ces derniers produisent chaque année 885 477 tonnes d'effluents d'élevage avec en majorité des effluents bovins qui représentent 85% des tonnages produits (58% sous forme de lisier et 42% sous forme de fumier).

Les lisiers de porc représentent 11% des effluents du territoire et les effluents avicoles représentent 2%. Les effluents d'élevage contiennent 3862 tonnes d'azote, 1706 tonnes de phosphore et 885 477 tonnes de carbone.

La simulation sans unité de gestion collective simule un stockage des effluents à la ferme et des plans d'épandage individuels dans chacune des exploitations, sur les parcelles ayant comme occupation culturale une culture qui peut être fertilisée avec des effluents. Il ressort que 64% des élevages sont en situation excédentaire sur l'azote et le phosphore avec en moyenne respectivement 3632 kgN et 2173 kgP₂O₅ excédentaires par ferme excédentaire. Les effluents en excédents sont principalement les effluents porcins (65% excédentaires) et les effluents avicoles (91% et 89% excédentaires respectivement pour lisier de canard et le fumier de poulet de chair), mais les effluents bovins apparaissent également en excédent : 9% pour les lisiers bovins et 42% pour les fumiers bovins.

La prédominance des situations excédentaires a plusieurs facteurs explicatifs :

- Seule les parcelles des exploitations sont considérées dans la gestion des plans d'épandage individuels. En réalité des plans d'épandage collectif peuvent exister sur le territoire pilote. Le simulateur révèle donc davantage un manque d'autosuffisance pour l'épandage que de réels excédents.
- Les possibilités d'épandage ont été raisonnées sur les exportations des cultures en N et P. Le P est souvent l'élément limitant. Il limite de ce fait les apports azotés via les effluents. Des compléments de fertilisation en minéral sont donc nécessaires, même sur les parcelles fertilisées avec des effluents d'élevage.

La simulation de l'épandage montre des apports moyens par hectare de 122 kg d'azote et 38 kg de P₂O₅. La fertilisation minérale s'avère dominante pour l'azote (60% des apports N) et minoritaire pour le phosphore (39% des apports P₂O₅).

À la suite du choix de l'utilisateur de tester une filière collective à base de méthanisation, en appliquant cette dernière à 10% des gisements d'effluents potentiellement mobilisables sur le territoire, le simulateur a implanté 10 unités de gestion collective mobilisant 39 participants (soit en moyenne 4 participants par UG). Les UG utilisent 10% des lisiers bovins du territoire et 9% des fumiers bovins.

En comparant la situation avec UG à la situation initiale sans UG :

- Les flux environnementaux ont été améliorés : les émissions d'ammoniac ont été réduites de 11%, celles en N₂O de 6% et celles en CH₄ de 5%
- Davantage de lisiers porcins ont pu être épandus sur le territoire (+6%), ce qui a réduit les excédents liés aux lisiers porcins de 3%
- De l'énergie renouvelable a été produite sur le territoire.
- En revanche, la filière collective a engendré des kilométrages supplémentaires pour approvisionner les UG et gérer les coproduits.

Tableau 11. Résultats de la simulation avec méthanisation

Le territoire			
Nbre de fermes	818	Avec SAU	743
		Sans SAU	75
SAU (ha)	57412	SAU épanable (ha)	42365
SAU moy (ha)	77		
Avoine hiver (ha)	214		0%
Avoine printemps (ha)	10		0%
Betterave fourragère (ha)	2		0%
Ble dur hiver (ha)	14		0%
Ble dur printemps (ha)	4		0%
Ble tendre hiver (ha)	12921		23%
Ble tendre printemps (ha)	70		0%
Colza hiver (ha)	2058		4%
Colza printemps (ha)	9		0%
Mais (ha)	2038		4%
Mais ensilage (ha)	8839		15%
Orge hiver (ha)	2592		5%
Orge printemps (ha)	73		0%
Prairie temporaire (ha)	18952		33%
Seigle (ha)	20		0%
Sorgho (ha)	24		0%
Tournesol (ha)	60		0%
Triticale hiver (ha)	1942		3%
Autres cultures (ha)	7570		13%
Nbre parcelles	17738	Surface moy/parcelle	3,2 ha

BILAN SCENARIO AVEC et SANS METHANISATION			
Les élevages et leurs effluents			
Nbre d'élevages	521	64%	
	t/an	%	t/ferme
Lisier porcine	93574	11%	2886
Lisier bovin	430228	49%	1185
Fumier bovin	318883	36%	689
Lisier canard	27923	3%	2327
Fumier poulet chair	14869	2%	465
Total effluents	885477	t/an	
	N	3862	4,36 kg/t
	P2O5	1706	1,92 kg/t
	C	50865	t/an

Sans UG		Comparison US/sans UG		Avec UG	
Traitement UG					
Nb UG	0			10	
Nb participants	0			39	9% participants potentiels
Intrants UG		t/an		% effluents territoire	
Lisier porcine	0			0	
Lisier bovin	0			44128	10%
Fumier bovin	0			27142	9%
Lisier canard	0			0	
Fumier poulet chair	0			0	
	N	0	0%	165	4%
	P2O5	0	0%	57	3%
	C	0	0%	1917	4%
Stockage					
Intrants stockage		t/an		% sortie Bâtiment	
Lisier porcine	93574		100%	93574	100%
Lisier bovin	430228		100%	387205	90%
Fumier bovin	318883		100%	290184	91%
Lisier canard	27923		100%	27923	100%
Fumier poulet chair	14869		100%	14869	100%
Total effluents	885477		100%	813755	92%
Stockage/Traitement UG					
Flux environnementaux		t/an		Total (t/an)	
NH3	344	7%	stocké	324 (317/7)	7%
N2O	49	1%	stocké	45 (45/0,06)	1%
N2	270	7%	stocké	259 (251/8)	7%
CH4	2966	4%	stocké	2805 (2732/73)	4%
Pertes N	584	15%	stocké	554 (541/13)	14%
Transport gestion collective		km		km	
Sortant stockage/UG		t/an		t/an	
Lisier porcine	101859			101859	
Lisier bovin	752899			675675	
Fumier bovin	261484			239228	
Lisier canard	32111			32111	
Fumier poulet chair	16356			16356	
Digestat				19968	
Total effluents	1164710			1085197	
N	3280			3767	
P2O5	1705			1866	
Epannage					
Epannage		t/an		% sortie stockage	
Lisier porcine	35819	35%	stocké	37879	37%
Lisier bovin	688143	91%	stocké	686927	102%
Fumier bovin	151535	58%	stocké	151255	63%
Lisier canard	2910	9%	stocké	2910	9%
Fumier poulet chair	1799	11%	stocké	1799	11%
Digestat				19968	100%
Total effluents	880205			900738	
N	2071			2637	
P2O5	984			1187	
Nmin	3093			2528	
P2O5min	641			439	
Dose moy N épanchée	122	kg N/ha		122	kg N/ha
Dose moy P2O5 épanchée	38	kg P2O5/ha		38	kg P2O5/ha
Flux environnementaux		t/an		t/an	
NH3	797	13%	épanché	693	11%
N2O	142	2%	épanché	135	2%
NO3	5489	24%	épanché	5489	24%
P2O5	16	1%	épanché	16	1%
Pertes N	1986	38%	épanché	1896	37%
Pertes P	7	1%	épanché	7	1%
Excédents					
Excédents		t/an		% sortie stockage	
Lisier porcine	66040	65%	stocké	63979	
Lisier bovin	64757	9%	stocké	64757	
Fumier bovin	109950	42%	stocké	109626	
Lisier canard	29201	91%	stocké	29201	
Fumier poulet chair	14557	89%	stocké	14557	
Digestat				0	
Total effluents	284505,19			282120	
N	1209	31%	stocké	1130	
P2O5	721	42%	stocké	680	
Nb élevages excédentaires N	333	64%	stocké	309	
Nbre élevages excédentaires P2O5	332	64%	stocké	309	
Excédent N / élevage (kg N)	3632			3657	
Excédents P2O5/élevage (kg P2O5)	2173			2200	
Synthèse					
Pertes NH3	1141			1017	
Pertes N2O	191			180	
Pertes NO3	5489			5489	
Pertes CH4	2966			2805	
Pertes P	7			7	
Conso eg					

5. Co-construction d'une solution collective pour un territoire pilote : Chateaubriant Derval (Lot 3)

Le **lot 3** apporte un retour d'expérience concernant le territoire pilote et la production de nouveaux outils (jeu de rôle) davantage liés à la mobilisation des acteurs autour des outils techniques.

Le territoire pilote est le territoire de Chateaubriant Derval. C'est une communauté de communes (26 communes) située au nord-est de la Loire-Atlantique, limitrophe avec l'Ille-et-Vilaine, la Mayenne et le Maine-et-Loire. Elle comprend près de 700 exploitations agricoles et 60000 ha valorisés par l'agriculture avec 1347 actifs agricoles ou conjoints. En termes d'élevage, le territoire est principalement axé sur la production laitière et de bovins allaitants mais avec aussi 4200 brebis, 56 exploitations porcines et 72 exploitations avec un atelier avicole.

La démarche proposée dans le lot 3 est basée sur la "modélisation d'accompagnement" (www.commod.org) (Etienne, 2010). Cette méthodologie propose un déroulé en 4 phases :

- L'identification de la question d'intérêt et de ses commanditaires,
- La construction d'une représentation partagée des acteurs et des ressources sur le territoire d'étude ainsi que les différentes interactions entre eux,
- La co-construction de scénarios d'évolution du territoire,
- Un debriefing final pour identifier les pistes d'actions concrètes pour répondre à la question d'intérêt.

La démarche d'accompagnement a impliqué des acteurs du territoire avec des élus, des organismes de conseil et d'accompagnement, des associations, les coopératives et industries agro-alimentaires ainsi qu'une diversité d'agriculteurs. A partir de 12 entretiens individuels et d'une restitution collective nous avons pu produire une représentation des acteurs, ressources, dynamiques et interactions nécessaires pour parler de gestion azotée dans le territoire. Suite à ce travail, un groupe d'étudiant tutoré par INRAE a construit un jeu de rôle à destination des agriculteurs pour observer la mise en place de gestions collectives des effluents d'élevage. Une partie test a été effectuée en juin 2023 avec des agriculteurs et des conseillers cultures et élevage. La partie a été filmée et observée par les étudiants et tous les choix de gestions ont été sauvegardé pour chaque joueur.

5.1. Représentation partagée du territoire

La problématique du territoire pilote de Chateaubriant- Derval a été définie autour de la question suivante : « Quelle gestion collective des effluents selon les effectifs d'animaux d'élevage pour arriver à un bilan N équilibré sur la communauté de communes Châteaubriant-Derval ? »

Afin de construire une représentation partagée du territoire la méthode ARDI a été utilisée : elle consiste à lister les **A**cteurs, **R**essources et **D**ynamiques qui seront connectés à travers un diagramme d'Interactions.

Pour se faire des entretiens semi-directifs individuels de chacun des acteurs ont été réalisés avec un premier entretien de 2h portant sur les acteurs, les ressources et les dynamiques du territoire, et un second entretien d'une heure sur la partie itérations. Les apports des acteurs enquêtés ont été traduits en diagramme (Figure 20).

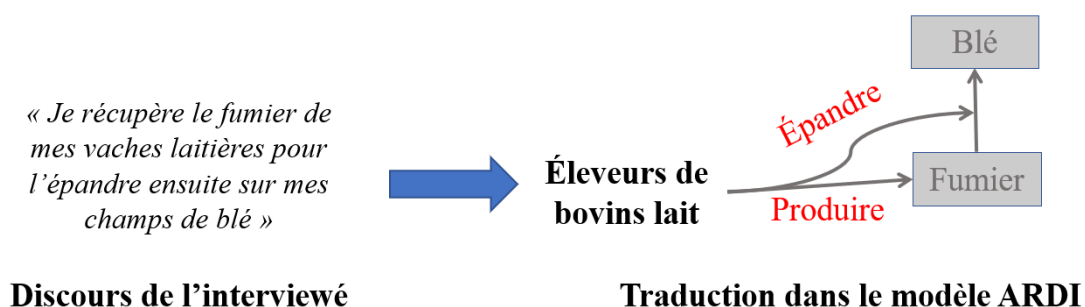


Figure 20. Exemple de diagramme ARDI

A l'issue des entretiens, les composantes du territoire pilote sont apparues.

Les acteurs identifient individuellement 38 types d'acteurs impliqués dans la gestion de l'azote sur le territoire pilote. Ceux cités lors des entretiens sont, des plus importants aux moins cités : les éleveurs, les céréaliers et maraichers, l'état/région, la communauté de communes, les conseillers agricoles, le syndicat du Chère Don Isac avec le SAGE, les agro-industries, les ETA, les CUMA, les citoyens, les distributeurs, les interlocuteurs ADEME/DRAAF/DREAL/DDTM, DDPP, Atlantic'Eau. La catégorie des agriculteurs la plus citée a été subdivisée grâce à des critères suivant l'alimentation des animaux, la production principale, la gestion de la production, les pratiques de fertilisation et l'équilibre en azote (Figure 21).

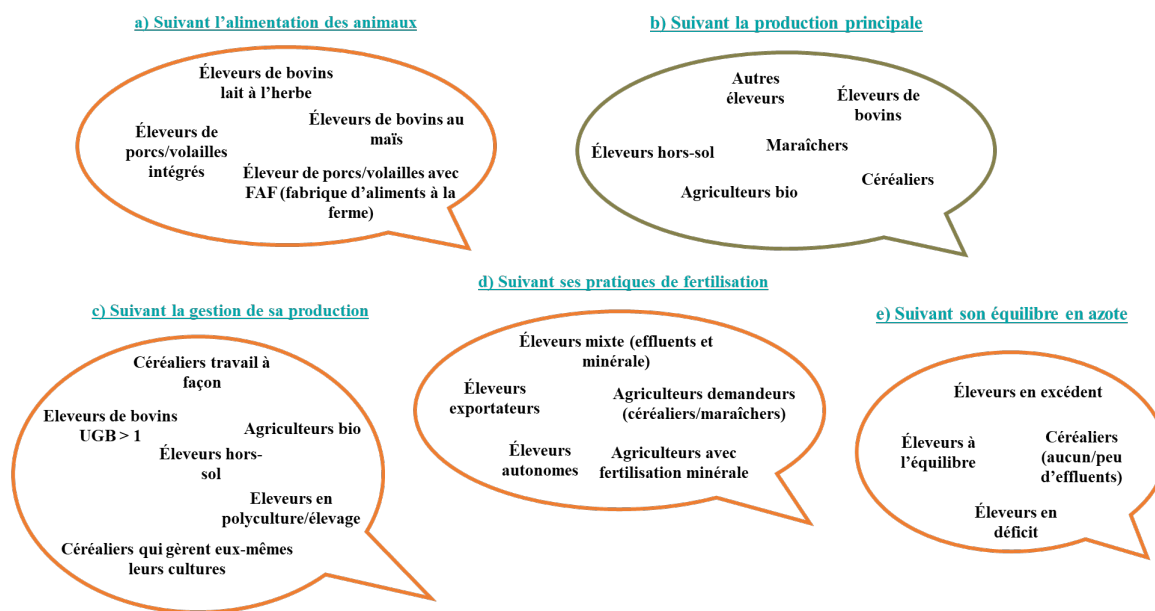


Figure 21. Critères de caractérisation des agriculteurs du territoire pilote

Les acteurs identifient individuellement 53 ressources sur le territoire pilote. Celles citées sont par ordre décroissant les cultures, les éléments naturels, les effluents, la gestion de la fertilisation, les structures de traitement des déchets, les autres fertilisants, l'aménagement du territoire, les sources de financement, les autres déchets organiques, les engrais minéraux, les effectifs animaux, les autres produits de la méthanisation, les éléments azotés, les aliments protéiques.

Les effluents sont ensuite distingués en fonction de leur nature (lisier, fumier), suivant les types d'animaux (porc, bovin...) et suivant leur contenu en azote et matière organique (Figure 22).

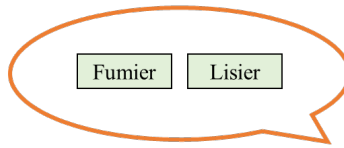
Les autres déchets organiques recensés sur le territoire pilote sont les déchets des agro-industries nécessitant une hygiénisation (os, abats, ...) et ceux ne nécessitant pas d'hygiénisation (mars, pulpe, jus), les boues d'épuration et les déchets verts.

Les cultures ont été qualifiées suivant l'espèce (maïs, blé, prairie...), la famille (céréales à paille, oléagineux...) et suivant leurs besoins en azote.

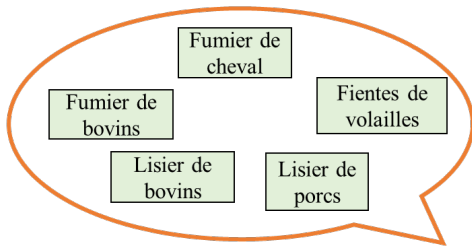
Un exercice similaire a été réalisé sur :

- 1/ la ressource en eau qualifiée selon sa nature et sa qualité ;
- 2/ le sol qualifié suivant sa structure, son activité et sa richesse en azote.

a) Suivant la nature



b) Suivant les animaux qui l'on produit



c) Suivant la richesse en azote et matière organique

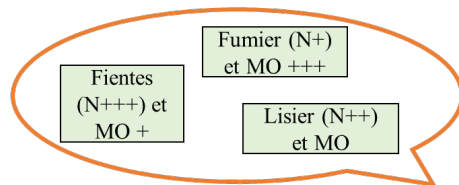


Figure 22. Critères de caractérisation des effluents du territoire pilote

Pour finir les résultats ont été partagés lors d'une réunion collective qui a permis d'arriver à des diagrammes de positionnement des entités et des interactions pour représenter les composants et les interactions du territoire pilote Chateaubriant Derval (Figure 23).

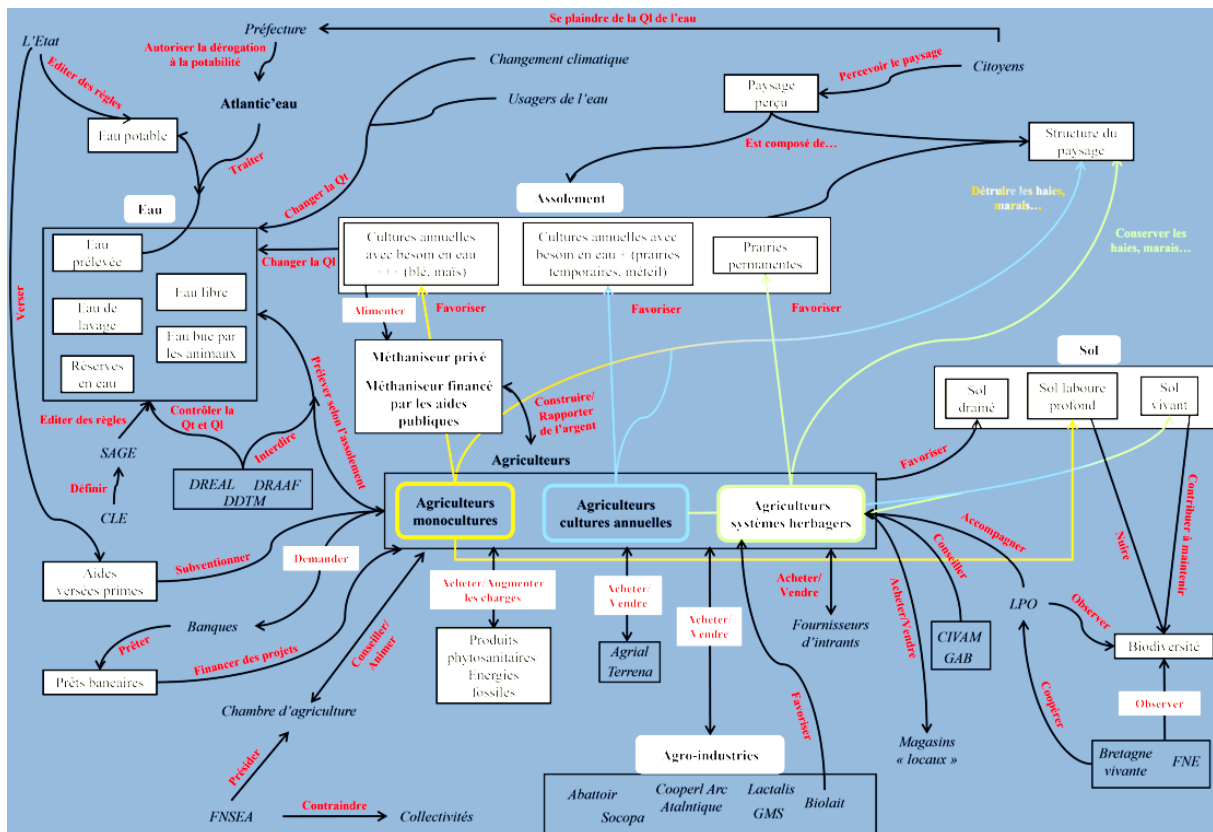


Figure 23. Exemple de diagrammes d'interaction du territoire pilote de Chateaubriant Derval

Deux dynamiques ressortent : la présence d'importation d'éléments azotés dans le territoire, notamment sous la forme de boues de stations d'épuration et de déchet d'industrie agroalimentaires et la diminution du nombre d'animaux d'élevage au profit de surfaces cultivées dans des fermes de plus en plus grandes.

Ces dynamiques font mettre en avant aux acteurs du territoire la solution des méthaniseurs qui peuvent convertir ces intrants en digestat utilisable sur les cultures, même si plusieurs craintes autour de la composition de ces digestats (métaux lourds, résidus d'antibiotiques, maladies...) existent et peuvent être justifiées. Néanmoins avec la diminution du nombre d'animaux, les fermes n'utilisant pas tous leurs effluents deviennent rares, limitant les possibilités d'interactions directes entre éleveurs et céréaliers sur le territoire.

5.2. Construction et test d'un jeu de rôle

Afin de tester les options de gestions collectives (échanges directs et au travers un méthaniseur) avec les agriculteurs et les éleveurs, un jeu a été construit.

Sur la base des éléments de description et de fonctionnement du territoire pilote récupérés via les entretiens et les sessions collectives, un jeu de rôle a été imaginé et construit. Ce dernier repose sur une représentation très simplifiée du territoire. Ont été retenus :

- 3 fermes laitières de 100 ha et 1 ferme porcine de 200 ha. Chaque exploitation est décrite suivant : le type de production (conventionnel, biologique), la SFP, les UTH, la productivité, les quantités d'effluents, l'assolement, les besoins annuels en paille/fourrage/concentrés/engrais minéraux, le chiffre d'affaires.
- 4 types d'effluents organiques (Fumier de bovin, Lisier de Bovin, Lisier de porc, digestat de méthaniseur) et l'engrais minéral. Des derniers ont été représentés par des jetons de 750 unités d'azote
- 7 types de culture : prairie pâturée, prairie fauchée, maïs grain, maïs fourrage, blé, colza, luzerne. Chaque culture a une loi de réponse à la fertilisation et un export d'azote selon son rendement. La luzerne a été considérée avec une fixation d'azote dans le sol permettant de faire l'équivalent de 50U d'azote de fertilisation au bout de 3 ans.
- La méthanisation a été considérée comme une modalité de gestion des effluents avec en entrée possible des lisiers, fumiers, maïs, paille et luzerne et avec en sortie de l'énergie produite (fonction du potentiel méthanogène mis en entrée) et du digestat.
- Une prise en compte des distances entre exploitations suivant des valeurs discrètes entre 1 et 4.

Au final, voici une représentation simplifiée des composantes considérées dans le jeu avec leurs liens (Figure 24) :

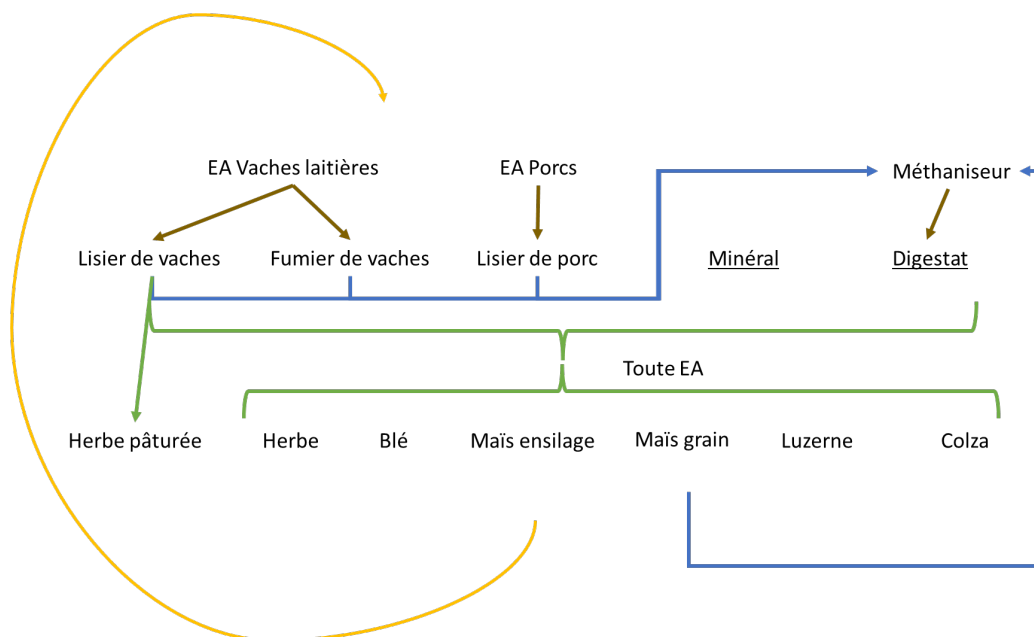


Figure 24. Itérations retenues pour le jeu

Un plateau de jeu a été réalisé par le groupe d'étudiants de l'Institut Agro (Figure 25).

**3 fermes laitières
(100ha x3)
1 ferme porcine
(200ha)**



Figure 25. Plateau du jeu de rôle

Dans le jeu, les éleveurs laitiers produisent du fumier et du lisier de bovin et les éleveurs porcins du lisier de porcs. Tous les agriculteurs peuvent produire de l'herbe, du maïs, du blé, du colza ou de la luzerne, seule culture dans le jeu qui peut fixer de l'azote atmosphérique dans le sol. Les agriculteurs peuvent fertiliser les cultures avec du lisier (porcin ou bovin), du fumier (bovin), de l'azote minéral acheté ou, à partir du 2ème tour, du digestat. La fertilisation va améliorer le rendement des cultures en suivant les lois de réponses issues de la littérature dans des contextes climatiques similaires. Le modèle considère que l'azote du fumier est apporté équitablement sur 3 années. Un coût d'épandage est calculé selon le type d'effluent et la distance entre le siège et la parcelle sur la base des travaux du projet Teplis (Levasseur et al., 2019). Un bilan azoté simplifié est calculé pour chaque parcelle (fonction du niveau de fertilisation et du rendement des cultures) et peut être agrégé à l'échelle de la ferme, d'une partie du territoire ou du territoire complet. Les cultures sont soit vendues soient utilisées pour nourrir les animaux. Les animaux ont un besoin alimentaire et si les éleveurs n'ont pas assez de certaines cultures pour le couvrir, un aliment est automatiquement acheté. Les animaux rapportent un revenu et des effluents à la fin du tour. A la fin du premier tour, un méthaniseur est disponible pour tous les agriculteurs. Il est capable de transformer les effluents et les cultures en digestat tout en produisant de l'énergie représentée comme un revenu dans le jeu. Le revenu diffère selon le pouvoir méthanogène des éléments apportés et nous avons appliqué les valeurs utilisées pour calculer la ration du méthaniseur de la station expérimentale de Derval (Marc Fougère, communication personnelle). Le méthaniseur réduit le niveau d'azote des apports de 20% mais il ramène aussi dans le territoire une quantité fixe d'azote simulant l'importation de boues d'épuration. Ainsi les agriculteurs ont le choix pour réduire leurs importations d'azote minéral : ils peuvent mettre en place des interactions avec leurs voisins ou utiliser le méthaniseur pour récupérer du digestat et des revenus. Les informations récupérées par les joueurs à la fin de chaque tour sont : les revenus et les dépenses de leur ferme, le bilan azoté, les rendements des cultures.

Une session de jeu a été organisée le 8 juin 2023. Les joueurs se sont vu attribuer des rôles d'éleveurs avec pour mission de décider de modalités de gestion des effluents. Le jeu a fonctionné en plusieurs tours, chacun représentant une année. Chaque tour de jeu a été décomposé en des étapes successives :

- Choix des cultures pour chaque joueur représentant un éleveur
- Choix de la fertilisation avec positionnement des jetons (unité d'azote) sur le plateau
- Sur cette base, un animateur du jeu calcule sur un fichier Excel les rendements et distribue aux éleveurs de nouveaux jetons « effluents »
- Les joueurs « éleveurs » décident d'échange d'effluents entre eux et d'apports éventuels d'effluents au méthaniseur et/ou d'achat de digestat
- L'animateur calcule les revenus et les coûts des exploitations. Les distances liées à l'épandage des effluents jouent sur les coûts d'épandage. Le type d'effluent joue sur le nombre de trajets.

Une situation avec CUMA est laissée possible pour les joueurs : elle réduit les coûts grâce à des allers-retours moins nombreux.

Le Tableau 12 présente les résultats d'évaluation de 3 fermes.

Tableau 12. Exemple de résultats d'évaluation obtenu lors de la session de jeu pour 3 fermes

Fermes		C1	C2	L1	
Revenus	Herbe	0	0	100	
	Céréale à paille	236250	225750	71000	
	Colza	79600	50800	0	
	Mais fourrage	0	0	0	
	Mais grain	0	67000	0	
	Luzerne	0	81000	0	
	Paille	27500	27500	8250	
	Lait	0	0	360000	
	Porc				
	Vente de jetons effluent	0	0	0	
	Revenus Methaniseur	17506	7831,5	3182,5	
	Charges	Salaire	72000	72000	108000
		Jetons effluents minéral	67381	32907	0
Jetons Lisier		0	0	0	
Jetons Fumier		0	0	0	
Jeton Digestat		2000	3000	4000	
Coût indemnité épandage jeton autres		0	0	0	
Implantation		200000	200000	60000	
Fourrage					
Concentré				44100	



Figure 26. Photos de la séance de jeu

En termes de bilan, le test du jeu auprès de joueurs n'ayant pas participé à sa construction a permis d'observer :

- 1/ les éleveurs laitiers avec une faible production laitière et donc peu d'effluents ne participent pas aux échanges
- 2/ les deux types de gestion collectives ont été tentées,

3/ les premiers usages du méthaniseur ont été réfléchis de façon individuelle : » j’apporte ce qu’il me faut pour récupérer la quantité de digestat souhaité »,

4/ à la fin du 3ème tour, certains éleveurs apportaient tous leurs effluents sans reprendre tout le digestat, permettant à d’autres de récupérer plus qu’ils n’apportaient. Néanmoins ce premier test identifie aussi un besoin de recalibration du modèle, tous les agriculteurs ayant eu une diminution de leurs revenus malgré une diminution de leurs intrants et un maintien de la fertilisation, ceci notamment lié à un coût de l’épandage très important.

Les enquêtes auprès des divers acteurs du territoire mettent en avant la grande diversité des acteurs et des ressources impliqués dans la gestion de l’azote dans le territoire pilote. Elles pointent aussi l’importance des acteurs hors agricole (telles que les collectivités) pour la gestion de l’azote au niveau du territoire, mais il interroge aussi le rôle des agriculteurs dans les dispositifs collectifs et la résiliences de ces outils en cas de diminution de l’élevage. Le premier test, centré sur le monde agricole, a permis d’identifier les éleveurs pouvant ou non participer à des échanges et d’identifier des changements dans la mobilisation du méthaniseur à la suite des échanges entre les agriculteurs. D’autres sessions de jeu, notamment avec un scénario de diminution de l’élevage seront à mettre en œuvre.

6. Pilotage du projet et valorisations issues de ce travail (Lot 4)

6.1. Animation

L’Ifip-Institut du Porc, en tant que porteur du projet, a assuré l’animation et la gestion du projet GESTE. Il a coordonné également plusieurs groupes de travail thématiques

- **Groupe « modules de gestion des effluents »**

Ce groupe a rassemblé les partenaires IFIP, IDELE, ITAVI, CRAB, FRCUMA, INRA PEGASE et CIRAD. Il a eu pour objectif d’organiser la collecte d’informations relatives à chaque processus de gestion des effluents et la rédaction de fiches descriptives de chaque filière de gestion des effluents.

- **Groupe « indicateurs de performances »**

Ce groupe a eu pour objectif de définir les indicateurs de durabilité à évaluer pour renseigner sur les performances d’une solution de gestion collective. Il s’est appuyé sur le lot 1 avec ses 3 tâches pour y parvenir.

Une réunion a permis de partager les résultats finaux des différentes tâches du lot 1 du projet. Ensuite deux ateliers ont été organisés pour faire la synthèse des acquis de façon collaborative.

- **Groupe « modélisation »**

Le groupe a eu pour objectif de suivre les avancées des travaux de modélisation et d’y associer des experts ayant déjà travaillé sur la modélisation des effluents à des échelles territoriales.

6.2. Guide technique ‘Filières collectives de gestion des déjections animales et des digestats’

De nombreux éléments du projet GESTE sont valorisés dans un guide téléchargeable via le lien ci-dessous.

<https://ifip.asso.fr/actualites/guide-technique-filieres-collectives-de-gestion-des-dejections-animales-et-des-digestats-a-telecharger/>

Ce guide sous format de brochure s’intitule « Filières collectives de gestion et de traitement des déjections animales et des digestats ». Il présente les enjeux et facteurs décisionnels liés à une gestion collective des effluents d’élevage, un outil d’aide pour la mise en place d’une solution collective, un point sur le traitement collectif dans les autres pays européens et un ensemble de fiches sur la gestion ou le traitement des effluents à l’échelle collective.

Les procédés de traitement abordés sont classés suivant la conservation ou non de l'azote et sur l'intégration ou non d'une étape de méthanisation :

- A- Récupération des éléments fertilisants sans méthanisation
 - a. Séparation de phases avec exportation de la fraction solide.
 - b. Compostage d'un effluent solide (fumier, fiente, refus solide de séparation de phases) puis exportation.
 - c. Filtration membranaire pour concentrer puis exporter les éléments fertilisants.
 - d. Techniques d'évaporation, de déshydratation et de pelletisation puis exportation des éléments fertilisants.
- B- Récupération des éléments fertilisants avec une étape de méthanisation
 - a. Méthanisation pour la production d'une énergie renouvelable.
 - b. Méthanisation suivie d'une séparation de phases, compostage et exportation d'une fraction solide.
 - c. Méthanisation suivie d'une étape de stripping de l'ammoniac, exportation d'un sulfate ou d'un nitrate d'ammonium.
 - d. Méthanisation suivie d'une filtration membranaire, exportation des concentrats et composts.
 - e. Méthanisation suivie d'une évaporation, d'une déshydratation et d'une exportation de la fraction solide.
- C- Abattement de l'azote
 - a. Procédé de nitrification/dénitrification.
 - b. Séparation de phases suivie d'une nitrification/dénitrification de la fraction liquide et de l'exportation de la fraction solide (avec compostage préalable ou non, combustion, pyrolyse).
 - c. Procédés précédant combinés avec de la filtration membranaire ou avec une étape d'évaporation, de déshydratation puis d'exportation d'un solide.

Chaque fiche présente les éléments suivants : l'objectif et le principe de la solution collective, les particularités de la dimension collective, un exemple d'application, des éléments sur l'efficacité de traitement et les coproduits obtenus, les atouts et points de vigilance liées à la solution.

6.3. Jeu de rôle Fertilico

Le jeu de rôle a été baptisé Fertilico.

Sept rôles sont gérés par le jeu : 3 éleveurs laitiers (de bio jusqu'à une production fourragère à base de maïs), 2 éleveurs porcins (un en FAF et l'autre non) et 2 céréaliers. Toutes les fermes sont situées dans un même paysage et chaque joueur a à sa disposition des éléments concernant sa ferme : assolement initial, quantité d'azote organique sous forme de lisier et sous forme de fumier, besoin alimentaire du troupeau. Différents éléments sont aussi disponibles pour tous les joueurs : cout de l'épandage, cout des intrants alimentaire et de fertilisation.

Au premier tour les joueurs vont devoir organiser leurs cultures dans leurs parcelles et décider de leur fertilisation. Une fois ces choix fait, un fichier Excel calcule les rendements des cultures et les changements dans le stock d'azote dans le sol.

Le joueur, une fois ses rendements connus, décide de la destination de ces végétaux : alimentation animale, vente, échange avec un autre joueur ou apport au méthaniseur. Les choix fait, le calculateur renvoie le résultat économique de la ferme ainsi qu'un bilan azoté. Le méthaniseur est très simplifié (il a deux effets dans le jeu : produire un revenu aux apporteurs et produire du digestat) mais accepte différentes matières : fumier, lisier, maïs, luzerne, paille. Dans le cas d'un apport d'effluent, le jeu simule un apport extérieur pour compléter cette matière. Ainsi la quantité de digestat sera plus importante que la quantité d'effluent apportée.

Le principe du jeu est donc de faire expérimenter aux joueurs différentes façons de gérer collectivement les effluents d'élevage, soit au travers de collaborations directes entre joueurs, ou au travers d'un méthaniseur. Il permet de voir aussi les adaptations que chaque joueur fait dans sa gestion des cultures et des effluents pour pérenniser ces interactions.

Le jeu est disponible auprès des concepteurs INRAE, et chaque partenaire du projet va recevoir un exemplaire du jeu. Le jeu est aussi imprimable à la demande auprès de la société "Eredejeux" située à Ancenis.

7. Conclusion / Perspectives

Le projet GESTE a montré que les expériences de gestion collective lorsqu'elle se mettent en place sont majoritairement à l'échelle de collectifs de 10-50 éleveurs à des échelles de communauté de communes.

Elles ont pour objectifs, soit de favoriser les échanges entre exploitations avec un logique d'optimisation de la fertilisation, soit de traitement collectif pour résorber des minéraux excédentaires liés aux effluents (N et P) ou pour produire de l'énergie renouvelable (méthanisation).

En France ces expériences restent encore peu nombreuses. Leur enquête a montré qu'elles rencontrent de nombreuses difficultés pour se mettre en place et une majorité d'entre elles sont avortées ou arrêtées avec comme principale raisons évoquées des difficultés pour trouver des financements de mise en place ou de gestion, des contraintes réglementaires et des craintes des éleveurs.

Si 7 des expériences sont toujours en fonctionnement après 10 années, elles rencontrent aussi des difficultés en lien avec la réglementation, la pérennisation du financement et la gouvernance. Dans les freins à leur mise en œuvre, il ressort également un manque d'information et de données techniques qui permettent de se projeter. D'un point de vue des pratiques et aspects sociologiques, il ressort que les dynamiques collectives antérieures jouent un rôle important dans le développement des dynamiques professionnelles entre agriculteurs.

Parallèlement, l'animation des collectifs est également cruciale pour organiser les échanges (notamment à Nozay) et pour faire durer les initiatives (environ 7 ans pour l'émergence du projet de méthanisation avant mise en fonctionnement, avec des temps de réunion/échanges et concertations entre agriculteurs importants). Il ressort également que la gestion des effluents n'est pas à l'origine de l'échange parcellaire, et on peut dire qu'il y a peu de changements de pratiques sur cette question.

On observe principalement une augmentation relative du pâturage et donc une concentration moindre des effluents en bâtiment. L'effet observé à Nozay n'est pas à généraliser à tous les échanges parcellaires mais est bien spécifique aux types d'élevage présents dans la zone c'est-à-dire principalement des systèmes d'élevage bovin. Dans les deux situations la mise en place de solutions de gestion collective des effluents d'élevage n'a eu que peu d'effets sur les pratiques individuelles, ne modifiant qu'à la marge le type et la quantité d'effluents produits par les éleveurs ayant participé ou participant à la solution de gestion collective.

Une analyse de ces expériences à l'échelle européenne apporte en premier lieu une typologie de la dimension collective avec une distinction des unités de taille moyenne (< 50 000 t/an) et des unités de grandes tailles (> 50 000 t/an). Le choix des termes a toute leur importance puisqu'en France, le traitement annuel de quelques dizaines de milliers de tonnes d'effluents peut être considéré comme de grande taille et, à plus de 50 000 t/an, il s'agit plutôt d'unités « centralisées » voire « industrielles ». Il ressort que la plupart des procédés de traitement des effluents d'élevage peuvent s'adapter à du traitement collectif. Les unités collectives recensées en Europe sont peu nombreuses mais peuvent s'avérer dominantes en termes de volume traité (exemple de la séparation de phases, de la méthanisation et du traitement des liquides aux Pays-Bas).

Leur mise en œuvre est très contrastée entre pays européens. Certains se distinguent par une part élevée d'unités centralisées (Pays-Bas pour la séparation de phases et le traitement des liquides par filtration membranaire et nitrification/dénitrification ; Belgique pour le traitement des liquides par nitrification/dénitrification et la déshydratation des solides ; Espagne pour la séparation de phases ; Pays-Bas, Espagne et dans une moindre mesure Belgique pour des méthaniseurs de grandes dimensions).

Les différences de développement des unités centralisées et des process retenus s'expliquent par de multiples facteurs : transpositions nationales des directives européennes, nature des réglementations locales, densité des productions animales, état des voies de communication, acceptabilité sociale, etc.

Par rapport à cette analyse de l'existant, le projet GESTE permet de lever plusieurs freins identifiés via la production de 4 principaux outils :

- **Une grille de réflexion** qui précise les aspects à considérer. Son utilisation permet à un collectif d'avoir une première idée de comment il se situe et cela lui donne aussi des pistes de choses à prévoir pour donner plus de chances de succès à la solution collective.
- **Une brochure technique avec des fiches** pour chacune des filières collectives possibles. Ce document permet au collectif de disposer de toutes les informations techniques, économiques (lorsque disponibles), voire réglementaires. Certaines de ces données ont été difficiles à collecter. Leur mise à disposition facilite donc grandement le travail de collecte d'information du collectif.
- **Un simulateur** qui permet à un territoire donné de tester une solution collective des effluents et de voir comment elle modifie des paramètres de durabilité du territoire. Ce simulateur à une forme recherche à ce stade et nécessite un travail d'alimentation en données assez conséquent mais il apporte une vision globale quantifiée de ce que donne la dimension collective. Ce simulateur est un outil de quantification qui prend en compte l'ensemble du territoire concerné et qui fournit des données quantitatives précises sur les flux d'effluents et flux environnementaux associés à leur gestion.
- **Un jeu de rôle** qui permet à un collectif de tester, par une mise en pratique virtuelle et collective sous forme d'atelier, une solution collective pour leur territoire en prenant conscience des avantages et inconvénients de cette dernière. Ce jeu de rôle est un outil d'animation de réunions avec un collectif d'acteurs.

Enfin, l'expérience d'accompagnement du territoire Pilote de Chateaubriant Derval a permis de relever qu'une question de gestion collective des effluents peut concerner une large diversité d'acteurs (38) et de ressources (plus de 50). L'agriculture bien entendu reste au cœur du processus avec pour le territoire pilote des dynamiques d'évolution à prendre en compte : une diminution de l'élevage, des questions de méthanisation. Et des problématiques nouvelles hors agriculture autour de l'eau et un contexte d'augmentation de la population urbaine (gestion des boues). L'expérience de l'atelier autour du jeu de rôle réalisé avec des éleveurs a souligné une dynamique appréciée qui permet d'évoquer la gestion collective des effluents.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aile et Erep, 2015. Benchmark des stratégies européennes des filières de production et de valorisation de biogaz et perspectives pour la filière française de méthanisation.
- Cadero A., 2022. Geste, modèle pour une gestion collective des effluents à l'échelle territoriale. **Webinaire sur la Gestion des biomasses à l'échelle du Territoire organisé par les RMT SPICEE, BOUCLAGE, MAELE**
- Étienne, M., 2010. La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable (p. 384). Éditions Quae.
- Finzi A., Mattachini G., Lovarelli D., 2020. Technical, economic and environmental assessment of a collective integrated treatment system for energy recovery and nutrient removal from livestock manure. *Sustainability*, 12 (7):2756.
- Flotats X., August Bonmatí, Belén Fernández, Albert Magrí, 2009. Manure treatment technologies : on farm versus centralized strategies. NE Spain as case study. *Bioresource Technology* 100 (2009) 5519–5526.
- Flotats, X., Bonmatí, A., Palatsi, J., Foged, H.L., 2013. Trends on manure processing in Europe. In *Book of Proceedings, 2nd International Conference of WASTES: solutions, treatments and opportunities*. Braga (Portugal), 11-13 September. Edition : CVR, Centro para a Valorizaçao de Residuos. ISSN: 2183-0568. Pp 587-592.
- Foged H. L., Flotats X., August Bonmatí A., Palatsi J., Magri A., Schelde K.M., 2011. Inventory of manure processing activities in Europe. Technical Report No. I concerning "Manure Processing Activities in Europe" to the European Commission, Directorate-General Environment. 138 pp.
- Garcia-Gonzalez M.C., Riaño B., Teresa M., Herrero E., Ward A., Provolo G., Moscatelli G., Piccinini S., Bonmatí A., Pilar Bernal M., Wiśniewska H., Proniewicz M., 2016. Treatment of swine manure: case studies in European's N-surplus areas. *Sci. Agric.* v.73, n.5, p.444-454.
- Hari L. et Riiko K., 2016. Twists in nutrient recycling in the EU. *Baltic Sea Action Group*. 12p.
- Hjorth M., K.V. Christensen, M.L. Christensen, S.G. Sommer, 2010. Solid-liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 153–180.
- Zemo K.H., Termansen M., 2018. Farmers' willingness to participate in collective biogas investment: A discrete choice experiment study. *Resource and Energy Economics*, 52, 87-101.
- Levasseur P. et Lemaire N., 2006. Etat des lieux du traitement des lisiers de porcs en France. *Techniporc* n° 1, 29-31.
- Levasseur P., Toudic A., Bonhomme S. et Lorinquer E. 2017. Gestion et traitement des digestats issus de méthanisation. 17 p. Guide pratique téléchargeable sur le site de l'IFIP
- Levasseur P., Masserot H., Brachet C., Lenouvel J. 2019. Calculateur des coûts et du temps de chantiers d'épandage. Guide méthodologique. 10p.
- Massé L., Massé D.I., Beaudette V., Muir M., 2005. Size distribution and composition of particles in raw and anaerobically digested swine manure, *Trans. ASAE* 48, 1943–1949.
- Asai M., Langer V., Frederiksen P., Jacobsen B.H., 2014. Livestock farmer perceptions of successful collaborative arrangements for manure exchange: A study in Denmark. *Agricultural Systems* 128, 55-65.
- Nowak B., Nesme T., David C., & Pellerin S., 2015. Nutrient recycling in organic farming is related to diversity in farm types at the local level. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 204, 17-26.
- Provolo G., Mattachini G., Finzi A., Cattaneo M., Guido V., Riva E., 2018. Global warming and acidification potential Assessment of a collective Manure system for bioenergy production and nitrogen removal in Northern Italy. *Sustainability*, 10(10):3653.
- Skovsgaard L., Klinge Jacobsen H., 2017. Economies of scale in biogas production and the significance of flexible regulation. *Energy Policy*, 101, 77-89.
- Tang Y., Wang L., Carswell A., Misselbrook T., Shen J., & Han J. (2020). Fate and transfer of heavy metals following repeated biogas slurry application in a rice-wheat crop rotation. *Journal of Environmental Management*, 270, 110938
- Villamayor-Tomas, S., Sagebiel, J., Rommel, J., & Olschewski, R. (2021). Types of collective action problems and farmers' willingness to accept agri-environmental schemes in Switzerland. *Ecosystem Services*, 50, 101304.

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des expériences de gestion collective sollicitées dans la tâche 1.1 et ayant répondu à l'enquête de phase 1 et phase 2 (en rose)	9
Tableau 2 : Liste des contacts mails pris pour réaliser la synthèse sur la gestion collective des effluents dans d'autres pays européens	16
Tableau 3 : Liste des aspects à considérer lors d'une réflexion territoriale pour une solution collective et lien avec les leviers et freins	27
Tableau 4 : Compositions des effluents d'élevage considérés en sortie de bâtiment – source : Brochure valorisation agronomique des effluents d'élevage du RMT Elevages et environnement (Levasseur et al., 2019) et expertise IDELE, ITAVI et IFIP	30
Tableau 5 : Facteurs de pertes au stockage et de modification du tonnage des effluents.....	31
Tableau 6 : Facteurs de pertes à l'épandage des effluents et dose d'apport max	31
Tableau 7 : Matrices de transformation des filières de gestion collective (FGC)	33
Tableau 8 : Pertes N et C dans les filières de gestion collective (FGC).....	33
Tableau 9 : Règles de détermination du pool maximal de participants à l'unité de gestion collective.....	38
Tableau 10 : Règles de détermination du ou des emplacements des unités de gestion collective.....	38
Tableau 11 : Résultats de la simulation avec méthanisation	42
Tableau 12 : Exemple de résultats d'évaluation obtenu lors de la session de jeu pour 3 fermes	48
Tableau 13 : Liste des publications réalisés et projets de communication	Erreur ! Signet non défini.

FIGURES

Figure 1 : Lots du projet GESTE	8
Figure 2 : Typologie des expériences de gestion collective des effluents d'élevage	11
Figure 3 : Trois familles d'expérience de gestion collective autour des effluents d'élevage	12
Figure 4 : Statut des expériences enquêtées dans la phase 1	12
Figure 5 : Difficultés rencontrées par les expériences de gestion collective (nombre d'expériences par modalité).....	12
Figure 6 : Causes de l'arrêt de l'expérience collective (nombre d'expériences par modalité).....	12
Figure 7 : Proportions d'unité de traitement par grandes catégories de process selon la taille selon Foged et al. (2011) et expertise Ifip (2021)	19
Figure 8 : Typologie de la séparation de phases selon Foged et al. (2011) et Ifip (2021)	19
Figure 9 : Typologie de l'emploi des additifs et pré-traitements selon Foged et al. (2011) et expertise Ifip (2021).....	20
Figure 10 : Traitement des solides selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021)	21
Figure 11 : Traitement des liquides selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021).....	21
Figure 12 : Méthanisation selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021).....	22
Figure 15 : Critères à évaluer pour mesurer les plus-values ou dégradations engendrées par une solution collective de gestion des effluents et possible prise en compte de ces derniers par le simulateur (O : oui ; N : non et AV : à étudier).	28
Figure 13 : 11 filières de gestion collective des effluents retenues pour le projet.....	30
Figure 14 : Bilan N des filières de gestion collective	34
Figure 15 : Bilan C des filières de gestion collective	34
Figure 16 : Classes du modèle GESTE	36
Figure 21 : Critères de caractérisation des effluents du territoire pilote	45
Figure 22 : Exemple de diagrammes d'interaction du territoire pilote de Chateaubriant Derval	45
Figure 24 : Plateau du jeu de rôle.....	47
Figure 25 : Photos de la séance de jeu	48
Figure 29 : Procédés de traitement mis en œuvre en Belgique selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021)	64
Figure 30 : Procédés de traitement mis en œuvre en Espagne selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021)	64
Figure 31 : Procédés de traitement au Danemark selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021)	66
Figure 32 : Procédés de traitement en Italie selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021).....	67
Figure 33 : Typologie du traitement des effluents aux Pays-Bas selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021).....	69

SIGLES ET ACRONYMES

AAP	Appels à projets
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
BV	Bassin versant
CH4	Méthane
CIRAD	Centre de Coopération Nationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CPA	Comité professionnel agricole
CRAB	Chambre d'agriculture de Bretagne
CRA PL	Chambre d'agriculture des Pays de la Loire
DREAL	Directions régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ESA Angers	Ecole Supérieure Agronomique d'Angers
FR CUMA	Fédération régionale
GESTE	GEStion Territorialisée des Effluents d'élevage
ICPE	Installation classée pour l'environnement
IDELE	Institut de l'élevage
IFIP	Institut de la filière porcine
INRAE	Institut national de recherche en agronomie et environnement
ITAVI	Institut technique de l'aviculture
N ₂ O	Protoxyde d'azote (sui est un gaz à effet de serre)
NH ₃	Ammoniac (qui est un polluant dans l'air)
N ₂	Diazote
OPA	Organismes professionnels agricoles
R&D	Recherche et Développement
UG	Unité de Gestion collective

ANNEXE A : QUESTIONNAIRES D'ENQUETE SUR LES FREINS ET LEVIERS DES EXPERIENCES DE GESTION COLLECTIVES DES EFFLUENTS PREALABLES (TACHE 1.1)

Phase 1 : questionnaire en ligne

Retour d'expérience sur une solution de gestion collective des effluents d'élevage

Ce questionnaire est destiné à faire la synthèse d'expériences de solutions de gestion collective des effluents dans le cadre du projet GESTE financé par l'ADEME et piloté par l'IFIP en partenariat avec : la CRAB, la CRAPL, l'INRAE, le CIRAD, la FR CUMA Ovest, l'IDELE, l'ITAVI, l'ESA Angers, et l'Institut Agro. Une vingtaine d'expériences sont concernées par cette enquête. Certaines feront l'objet en complément d'entretiens semi-directifs afin d'approfondir les choses. L'objectif au final est d'identifier les leviers et les freins.

Q1 : Nom de l'expérience *

La rédaction est complètement libre, vous pouvez utiliser le nom habituel utilisé pour dénommer l'expérience :

Q2 : Nombre d'éleveurs impliqués dans la solution collective *

Vous pouvez mettre une fourchette si vous n'avez pas le nombre exact

Q3 : Quel est le statut actuel de l'expérience ? *

- Projet avorté ou en stand-by (il n'y a pas eu de mise en fonctionnement)
- En fonctionnement
- Arrêté (après une période de fonctionnement)

Q4 : Quels sont les objectif(s) initial(aux) de la gestion collective ? *

Hiérarchisez les différents objectifs de la solution, des plus prioritaires en niveau 1 aux moins prioritaires en niveau 5. Vous pouvez indiquer "ce n'est pas un objectif" pour ceux qui ne concernent pas la solution.

Un seul choix par ligne

	1	2	3	4	5	Ce n'est pas un objectif
Optimisation de la fertilisation (échanges)						
Résorption						
Production d'énergie renouvelable						
Gestion territoriale intégrée de ressources (logique économie circulaire)						
autres						

Q5 : Quels sont les effluents et autres intrants concernés par la solution collective ? *

Un seul choix par ligne

	Fortement concernés par la solution (>40%)	Moyennement concernés (entre 10 et 40%)	Faiblement concernés (<10%)	Non concernés
Lisier porcin				
Fumier porcin				
Lisier bovins				
Fumier bovins				
Lisier volaille				
Fumier volaille				
Fientes volailles				
Fourrages				
Déchets IAA				
Cultures intermédiaires à valeur énergétique				
Autres				

Q6 : Précisez le territoire concerné par la production des effluents impliqués dans la solution collective *
Indiquer la nature du territoire (bassin versant, canton, communauté de communes...), son nom et le département dans lequel se situe l'expérience.

Q7 : Précisez le territoire concerné par la valorisation des effluents mobilisés dans la solution collective
Indiquer la nature du territoire (bassin versant, canton, communauté de communes...), son nom et le (ou les) département(s) concerné(s). Vous pouvez mettre "idem" si c'est le même territoire que celui de la production des effluents.

Q8 : En quelle année la réflexion sur la solution collective a-t-elle été lancée ? *

Q9 : Listez les acteurs impliqués et leur(s) rôle(s) effectif(s) ou pressenti(s)

Plusieurs choix par ligne possibles

	Participants à la réflexion initiale	Porteur	Gérant	Producteurs d'effluents ou autres intrants	Intervenants dans la gestion collective	Bénéficiaires de la solution collective	Financier
Éleveurs							
Groupe d'éleveurs							
Autres agriculteurs							
Industriel(s)							
Collectivité(s)							
Particuliers							
Organisme professionnel agricole							
Organisme de recherche							
État, administration							
CUMA							
Prestataire							

Q10 : Listez les étapes suivies dans la réflexion autour de la solution collective

Un seul choix par ligne

	Oui	Non	Non concerné
Prise en compte d'expériences préalables			
Prise en compte de l'acceptabilité sociale			
Prise en compte de l'acceptabilité sanitaire			
Prise en compte de la réglementation			
Etude de marché			
Enquête publique			
Construction d'équipements collectifs			
Opération de communication			
Contractualisation (charte, convention, contrat...)			

Q11 : Les performances de la solution collective ont-elles été estimées préalablement ? *

Un seul choix par ligne

	oui	non
A l'échelle des éleveurs ?		
A l'échelle du collectif ?		
A l'échelle du territoire ?		

Q12 : Selon vous ou d'après les résultats de l'évaluation, quelles plus-values sont associées à la solution pour les éleveurs impliqués ? *

Hiérarchisez les plus-values de la plus importante (niv 1) à la moins importante (niv 7)

Un seul choix par ligne

	1	2	3	4	5	6	7
Intérêt économique							
Gestion des excédents							
Intérêt technique / agronomique							
Amélioration de leur image							
Gain de temps							
Intérêt pour le métier (partage, émulation)							
Autres :							

Q13 : Selon vous ou d'après les résultats de l'évaluation, quelles plus-values sont associées à la solution pour le territoire ? *

Hiérarchisez les plus-values de la plus importante (niv 1) à la moins importante (niv 7)

Un seul choix par ligne

	1	2	3	4	5	6
Réduction des impacts environnementaux						
Création d'emploi						
Création d'une économie circulaire						
Création de valeur ajoutée						
Amélioration de l'image						
Autre :						

Q14 : Concernant l'acceptabilité de votre solution, indiquez les items pressentis comme sources de bonne perception ou de freins *

Plusieurs choix possibles par ligne

	Bonne perception	Freins	Pas abordé
Dimensionnement de la solution collective			
Odeurs			
Emissions sonores			
Trafic routier			
Emissions gazeuses			
Aspects énergétiques (consommation, production)			
Insertion paysagère			
Aspects sanitaires			
Autres : à préciser			

Q15 : En quelle année l'expérience s'est-elle arrêtée ? *

Q16 : Indiquez selon vous les principales raisons de l'arrêt *

Hiérarchisez les 5 freins majeures du plus important (1) au moins important (5)

Un seul choix par ligne

	1	2	3	4	5
Difficulté à trouver un porteur / une gouvernance					
Difficulté à trouver un financement					
Opposition de la population					
Contraintes réglementaires					
Difficulté foncière					
Difficulté à trouver un consensus au sein des éleveurs					
Expression de craintes de la part des éleveurs					
Manque de partenariat					
Manque de compétences					
Manque de simulation présentant la solution					
Départ en retraite des éleveurs impliqués					
Autres :					

Q17 : Difficultés éventuelles rencontrées lors de la mise en œuvre

- Difficulté à trouver un porteur / une gouvernance
- Difficulté à trouver un financement
- Opposition de la population
- Contraintes réglementaires/ sanitaires
- Difficulté foncière
- Difficulté à trouver un consensus au sein des éleveurs
- Expression de craintes de la part des éleveurs
- Manque de partenariat
- Manque de compétences
- Manque de simulation présentant la solution
- Difficultés à trouver des éleveurs motivés
- Autre :

Q18 : Coûts de mise en œuvre total (€)

Q19 : Postes concernés par les coûts de mise en œuvre

- Prestation bureau d'étude
- Achat équipement
- Construction infrastructures
- R&D
- Autre :

Q20: Montant de subventions perçu (€)

Q21: Comment se passe le fonctionnement ? *

Un seul choix par ligne

	Ça marche bien	Difficultés	Non concerné
Animation / gestion de la solution collective			
Taux de participation des éleveurs			
Trouver les intrants de la solution collective			
Trouver des débouchés pour les effluents et/ou co-produits de la solution collective			
Perception sociale			
Financer le fonctionnement			
Fonctionnement technique			

Q22: Coûts de fonctionnement annuel (€)

Q23: Postes concernés pas les coûts de fonctionnement annuels

- Achats consommables
- Prestations privées
- Consommations énergétiques
- Autre :

Q24: Recette annuelle liée à la gestion collective (€)

Merci de nous donner un ou deux contacts en plus de vous si votre expérience est retenue pour un entretien semi-directif plus approfondi

Q25 : Contact 1 (nom, prénom, organisme, rôle dans la solution collective, email et tel) *

Q26 : Contact 2 (nom, prénom, organisme, rôle dans la solution collective, email et tel)

Phase 2 : entretiens semi-directifs

1/ Première partie : entretien semi-directif sur des thèmes

Thème 1 : Définition des objectifs de l'expérience

Question : Comment ont été définis les objectifs de la solution de gestion collective ?

Relances :

- Les utilisateurs/la cible ont-ils été inclus dans la définition des objectifs ?
- Le principe de fonctionnement adopté avait-il déjà été testé auparavant ou est-il plutôt novateur ?
- L'évolution potentielle du fonctionnement a-t-elle été prise en compte ? (durée de vie, moyens pour maintenance et évolution)

Thème 2 : Etude de faisabilité

Question : A quelles questions l'étude de faisabilité a-t-elle permis de répondre ?

Relances :

- Comment les différentes contraintes (réglementation/ résultats d'expériences préalables/étude de marché/respect des objectifs initiaux, ...) ont-elles été prises en compte dans la construction de l'outil ?
- Comment aviez-vous envisagé de formaliser la dimension collective de l'action ?
 - Construction d'équipements collectifs
 - Contractualisation
- Vous êtes-vous appuyés sur des expériences préalables pour estimer l'évolution de l'outil et des besoins en compétences dans le temps ?
- Quelle a été votre stratégie de communication auprès des tiers concernés ? (population locale, éleveurs)
 - Si des craintes ont été exprimées, avez-vous vu adapté/revu votre projet suite à ces échanges ?
 - Estimez-vous que cela a permis de lever les craintes ?

Thème 3 : Pilotage

Question : Quels facteurs ont été pris en compte pour faciliter le pilotage ?

Relances :

- Sur quels critères ont été sélectionnés les membres en charge du pilotage pour permettre son bon fonctionnement ?
 - Répartition efficace des tâches
 - Personnes identifiées sur chaque tâche
 - Montée en compétence des partenaires
 - ...
- Fréquence des échanges avec les différents acteurs impliqués et les EPCI ?
 - Prise en compte des différentes attentes ?
 - Maintien de la dynamique ?
- Les intrants et les débouchés étaient-ils simples à trouver ?

Thème 4 : Test

Question : En quoi a consisté la démarche de test de l'outil ?

Relances :

- Si l'outil s'appuyait sur un modèle déjà expérimenté :
 - Avez-vous testé votre outil et ce modèle ?
- L'outil a été préalablement testé par différents acteurs ?
 - Fournisseurs d'intrants
 - Receveurs d'intrants
 - Membres en charge du pilotage au quotidien,...
- Les différents tests ont-ils permis de définir si l'outil :
 - couvrait l'ensemble des cas d'utilisation
 - Répondait aux attentes des utilisateurs
 - Était ergonomique

Thème 5 : Fonctionnement

Question : Quelle a été la stratégie adoptée pour faciliter le bon fonctionnement ?

Relances :

- Comment étaient contrôlées les données entrées par les utilisateurs ?
 - Pertinence au regard des objectifs
- Le degré d'automatisation permettait-il de limiter la saisie manuelle des données tout en veillant à conserver un équilibre entre automatisation et transparence ?
- Taux de participation des éleveurs ?
- Financement du fonctionnement ?

Thème 6 : Stratégie de diffusion

Question : Avez-vous valorisé les bons résultats obtenus avec l'outil ?

Relances :

- La concurrence a-t-elle été étudiée ?
- Quelle a été votre stratégie de communication concernant l'outil ?
- Avez-vous réalisé de la formation auprès des différents interlocuteurs ?

2/ Deuxième partie : construction d'un SWOT

Opportunités	Menaces
Le marché progresse-t-il ? Existe-il une nouvelle législation favorable susceptible de stimuler la demande ? Y a-t-il des possibilités de partenariat avec d'autres acteurs du marché ? Disposez-vous d'un appui auprès des collectivités locales ?	Quel est le niveau de concurrence ? / Y a-t-il de nouveaux acteurs potentiels présents sur le marché ? Quels sont les risques de complexification au niveau réglementaire et au niveau de l'acceptabilité sociale ? Quels sont les changements à venir favorisant l'obsolescence de l'outil ? La conjoncture économique est-elle favorable ?
Forces	Faiblesses
Votre réputation est-elle solide ? Avez-vous suffisamment d'expérience ? Que faites-vous de mieux que vos concurrents ?	Votre communication est-elle suffisante pour générer de la demande ? Vos moyens financiers/logistiques/humains sont-ils suffisants ? Les membres de la gouvernance partant à la retraite seront-ils remplacés ? Que faites-vous moins bien que vos concurrents ?

ANNEXE B : PROCÉDES DE TRAITEMENT/GESTION DES EFFLUENTS DOMINANTS PAR PAYS ET FOCUS SUR LES PROCESS COLLECTIFS (TACHE 1.2)

Il existe de grandes différences d'utilisation et de répartition des flux d'éléments fertilisants d'origine organique entre pays européens. La réglementation européenne impacts leur devenir car les transpositions nationales des directives européennes sont mises en œuvre de manière contrastées aboutissant à des solutions différentes de gestions des fertilisants organiques (Hari et Riiko, 2016). Les particularités nationales portent sur la mise en œuvre de la directive nitrate et la réglementation des « permis environnementaux ». Ces derniers concernent notamment les prescriptions ICPE (Installations Classées Pour l'Environnement) et les MTD (Meilleures Techniques Disponibles) applicables en élevages porcins et avicoles (Hari et Riiko, 2016). La directive nitrate ne réglemente pas les apports de phosphore, hormis de manière indirecte en limitant les flux d'azote. Son impact demeure en effet limité pour des co-produits de traitement (comme les refus de décanteuse-centrifuge) où là ce sont des réglementations nationales qui prévalent.

D'autres réglementations peuvent orienter les modalités de gestion des effluents (Hari et Riiko, 2016): (a) la directive européenne sur les boues pour les éléments traces, certains pays ayant des limitations nationales pour les pathogènes et les polluants organiques, (b) la réglementation des émissions d'ammoniac (National Emission Ceillings Directive), (c) la réglementations IED (Industrial Emissions Directive) et (d) la réglementation sur les sous-produits animaux. Par voie de conséquence, certains pays traitent plus que d'autres tels que l'Italie (36,8 % des déjections sont traités), la Grèce (34,6 %) et l'Allemagne (14,8 %) (Flotats et al., 2013).

Les politiques publiques influencent également le marché des matière fertilisantes et sur ce point, l'UE en exporte vers plus de 100 pays, notamment le sud-est asiatique, bien plus qu'elle en importe. Les 3 plus grands pays exportateurs de matières fertilisantes (en masse brut) sont ainsi les Pays-Bas, la Belgique et l'Italie (Hari et Riiko, 2016).

1/ Allemagne

Les productions animales sont concentrées dans le nord-ouest du pays où il y a de plus, des importations d'effluents d'élevage provenant de Belgique et des Pays-Bas ce qui accroît la pression dans les régions limitrophes (Hari et Riiko, 2016). L'excédent de phosphore autorisé est de 10 kg P₂O₅/ha/an et de 60 kg N/ha/an sur 3 ans. Dans le nord-ouest, il y a ainsi une grande concurrence pour l'épandage agricole des différentes matières organiques issues du recyclage du phosphore (boue biologique, refus de séparation de phases, ...). L'Allemagne est le leader européen de la méthanisation agricole qui est exclusivement de type « à la ferme » d'après l'inventaire rapporté précédemment (Foged et al., 2011). Ce même rapport mentionne l'existence de 5 unités de séchage thermique des digestats (dont la nature n'est pas précisée : refus solide de séparation de phases ou digestat brut ou...) à l'échelle « industrielle » (ie plus de 50 000 t/an de digestat).

2/ Belgique

Selon le Centre Flamand de coordination du traitement des effluents (VCM), 136 unités ont été recensées en 2019 dont 104 avec du traitement biologique de l'azote par nitrification/dénitrification, le procédé le plus couramment utilisé en Flandre. Il s'agit exclusivement d'installations de grandes tailles, les unités « à la ferme » étant inexistantes. 95 % d'entre elles demeurent toutefois inférieures à 50 000 t/an (représentant 83 % du lisier traité) (Foged et al., 2011). La séparation de phases, le plus souvent associée à de la nit./dénit., est également très présente pour exporter la fraction solide vers la France et L'Allemagne. En 2011, il y avait également 50 unités de traitement des solides dont 31 dispositifs de séchage utilisant une source de chaleur et 15 bioséchages utilisant de la chaleur d'unités de compostage. Ces derniers (les compostages) sont également présents.

Sur les 31 unités de méthanisation en fonctionnement, 13 % sont des unités à la ferme. Les autres sont de taille plus importante, 61 % traitent moins de 50 000 t/an et 26 % plus de 50 000 t/an. En termes de volume traité, les unités de grandes tailles représentent 84 % du total.

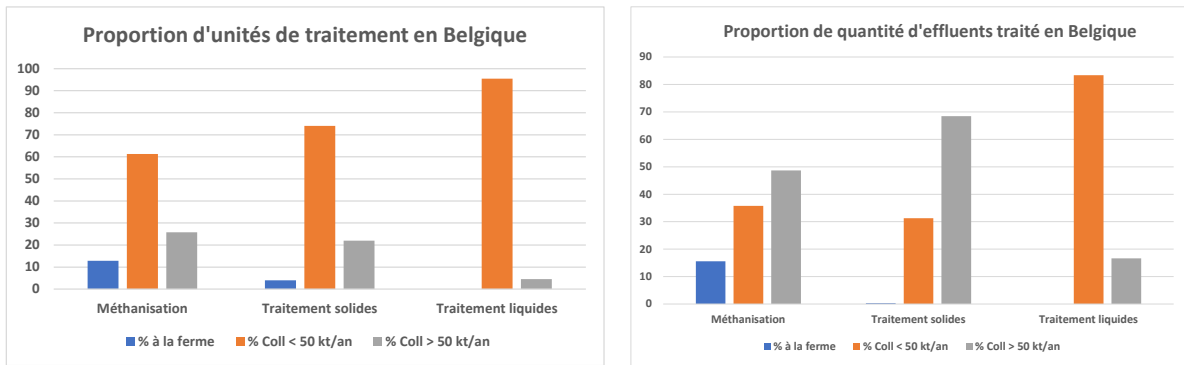


Figure 27. Figure 1: Procédés de traitement mis en œuvre en Belgique selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021)

Des unités de granulation des solides et de stripping de l'azote sont également présents en Belgique. Le sulfate d'ammonium issu du stripping de l'azote est utilisé comme fertilisant minéral soit en Belgique, soit exporté vers les Pays-Bas (Hari et Riiko, 2016). Selon Oomen (2012, cité par Asai et al. (2014)), la Belgique effectue également du transport longue distance de déjections animales vers d'autres Pays, le caractère « collectif » ou non, n'est pas mentionné.

3/ Espagne

D'après l'inventaire sur les procédés de traitement en Europe (Foged et al., 2011), il y avait, en 2011, 182 séparateurs de phases, 9 unités industrielles employant de la coagulation-floculation, 24 unités utilisant des additifs et autres pré-traitements, 254 unités effectuant un traitement des solides (dont 108 en compostage, 28 en séchage thermique, 8 en pellets) et 87 unités effectuant un traitement des liquides (dont 30 en nit/dénit, 23 en évapo-concentration et 9 en ozonation).

En séparation de phases, la proportion d'unités de grandes tailles est plus élevée que la moyenne européenne 34 vs moins de 2 % de l'ensemble des unités de séparation de phases. En termes de volume d'effluent traités par cette technique, ce traitement est à 83 % effectué par de grandes installations dont quasi exclusivement des unités de taille industrielle. Hormis le traitement des solides, massivement occupé par du compostage à la ferme, ce sont également des installations de tailles industrielles (> 50 000 t/an) qui traitent le plus massivement les effluents.

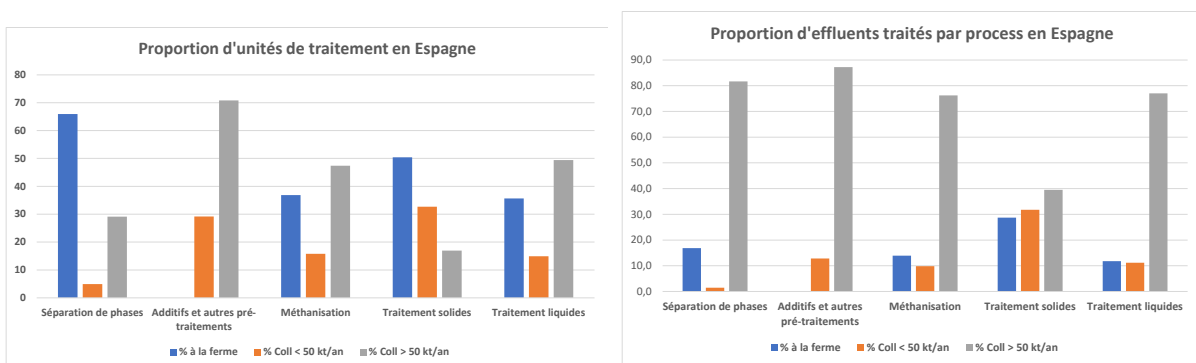


Figure 28. Figure 2: Procédés de traitement mis en œuvre en Espagne selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021)

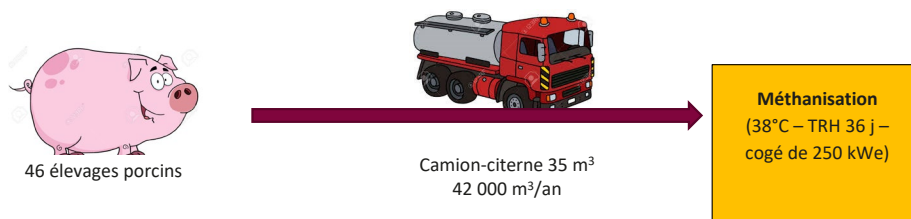
La Catalogne est une région à forte densité d'élevage porcin, en 2009, il a été recensé (Flotats et al., 2009) plus de 100 élevages ayant mis en place un traitement individuel des effluents d'élevage : 2 en méthanisation, 38 séparateurs de phases, 11 traitements par nit/dénit, les solides étant exportés ou compostés sur des sites centralisés et 64 unités de compostage. Mais il y avait aussi 42 unités de gestion collective des effluents impliquant 2594 fermes et 21,9 millions kg d'azote/an (DAR, 2008 cité par Flotats et al. (2009). Parmi celles-ci, étaient recensées :

- 5 unités centralisées traitant 565 000 m³ lisier de porc/an (plus une autre en construction). Ces unités avaient pour objectif de réduire le volume des déjections en les transformant en pellets afin de les exporter, notamment hors Catalogne. Lors de cet inventaire, le lisier était déshydraté avec la chaleur issue de cogénérateur fonctionnant en grande partie au gaz naturel et dans une bien moindre mesure au biogaz.
- 23 unités centralisées de compostage de « déjections animales solides » avec d'autres déchets organiques, soit un total annuel de 434 000 t d'intrants. Le compost est ensuite vendu.

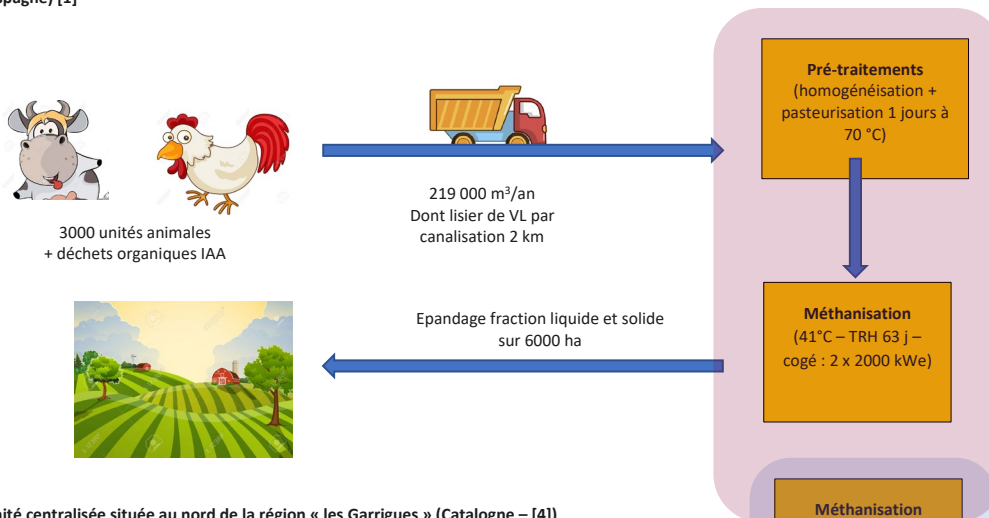
Bien que ces unités centralisées aient démontré leur faisabilité économique et leur capacité à apporter un service approprié pour la gestion des effluents, les auteurs (Flotats et al., 2009) rapportent qu'elles ont du mal à trouver des emplacements sans nuisances par rapport aux voisins, notamment olfactives.

Exemples d'unités collectives de traitement en Espagne (Garcia-Gonzalez et al., 2016 ; Flotats et al., 2009) :

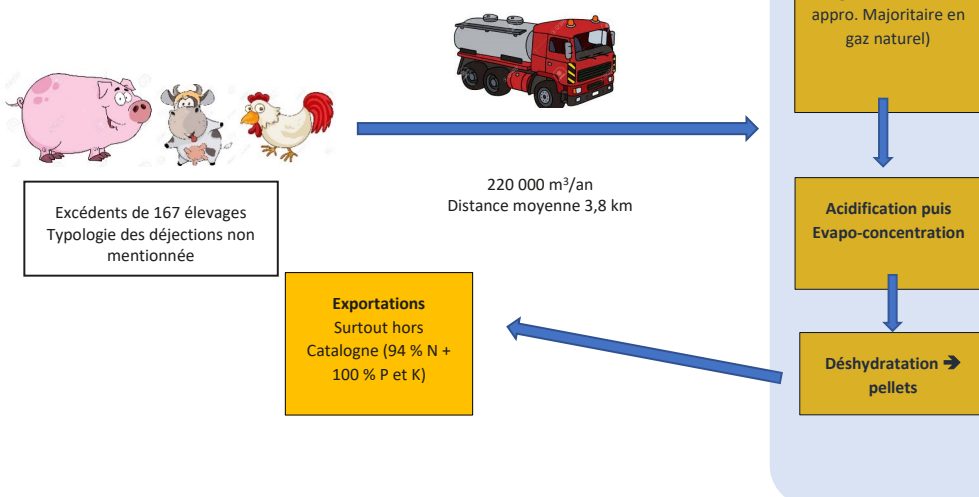
Unité collective de traitement de lisier de porc par méthanisation à Castilla y Leon [1]



Unité centralisée de traitement et de gestion reposant sur la méthanisation et la séparation de phases située à Navarra (Espagne) [1]



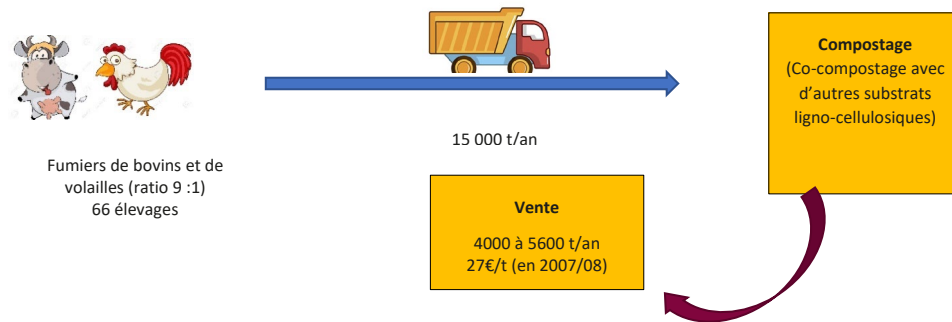
Unité centralisée située au nord de la région « les Garrigues » (Catalogne – [4])



Autres informations concernant cette unité :

- Répartition des coûts : maintenance (20%), investissement (10%), transport et administratif (5%) et 65 % pour les besoins en gaz naturel. Volonté d'accroître la part de biogaz.
- Coût pour l'éleveur en situation d'équilibre économique : 3€/m³
- Travail de communication auprès des éleveurs pour réduire le taux de dilution (il est passé de 4,6 à 5,5 % entre 2003 et 2007) et réduire le temps de stockage (ratio MO/MS passé de 61,7 à 68,2 % entre 2002 et 2006).

Unité centralisée de compostage [4]



Autres informations :

- Clé du succès : implication des éleveurs du début (études de faisabilité) à la « fin » (construction, suivi, etc)
- Coût d'investissement et maintenance : 6€/t, hors coût de transport

4/ Danemark

Le Danemark a bénéficié de dérogation au seuil de 170 kg N/ha/an de la directive nitrates avec une autorisation d'épandage de 230 kg N/ha/an sur des pâturages et des cultures à fort potentiel de besoin azoté [8]. Ces dérogations ont permis de maintenir des densités animales élevées – 90 % de la viande produite étant exportée (Hari et Riiko, 2016). Une exportation d'effluents transformés vers des pays tiers a été mise en œuvre mais dans une moindre mesure qu'aux Pays-Bas et dans les Flandres Belge.

Comme dans la plupart des pays européens, la réglementation est restrictive sur les conditions d'épandage des effluents. Les techniques d'acidification sont notamment très utilisées afin de réduire les émissions d'ammoniac et améliorer l'efficacité de la gestion de l'azote (Hari et Riiko, 2016). 98 unités ont ainsi été identifiées en 2011 comme utilisant l'acidification (Foged et al., 2011), 80 unités à la ferme et 18 unités de plus grande taille (mais moins de 50 000 t/an). En termes de proportion d'effluents traités, le ratio croît légèrement en faveur de ces dernières, 38 vs 65 % respectivement.

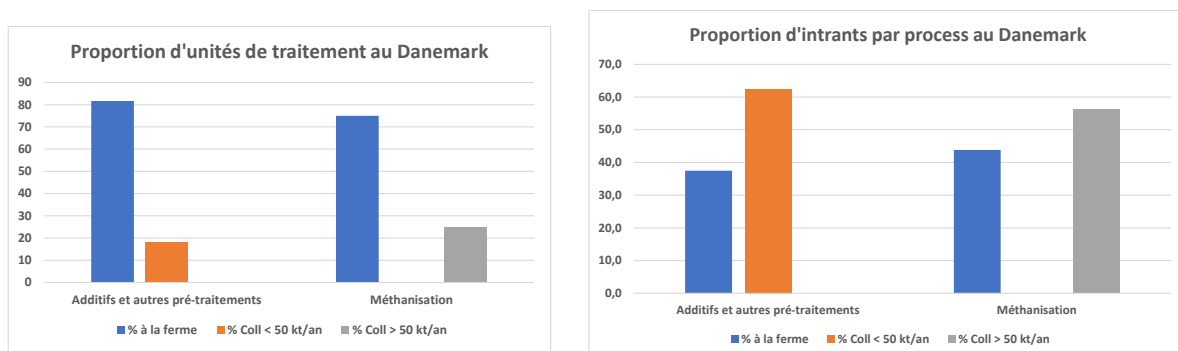


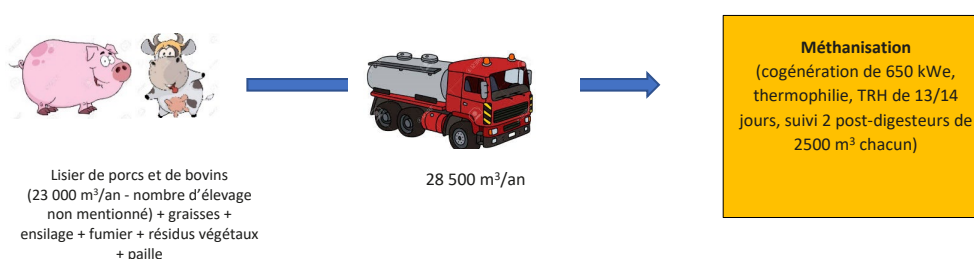
Figure 3 : Procédés de traitement au Danemark selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021)

Le Danemark a par ailleurs une longue tradition de la production de biogaz depuis la crise énergétique de 1973 (Skovsgaard et Jacobsen, 2017). Si les déjections animales sont les premiers intrants utilisés en méthanisation, complétés par d'autres co-substrats pour augmenter le rendement énergétique, seulement 7 % des déjections animales en 2012 et 8 % en 2013 sont employés à la production de biogaz (Zemo et Termansen, 2018). Ces proportions ont ensuite stagné pendant au moins 10 ans. Les freins

identifiés concernent autant les unités à la ferme que collectives : coût d'investissement et de fonctionnement élevés, difficultés d'accès au financement, baisse des subventions.

L'échelle des installations a varié au cours des décennies ce qui explique le contraste de répartition des 78 unités répertoriées au Danemark entre unités à la ferme et unités centralisées (Skovsgaard et Jacobsen, 2017). Il s'est d'abord monté des unités « à la ferme » puis des unités centralisées avant de revenir aux unités « à la ferme ». En 2011, le nombre d'unité de très grande taille (plus de 50 000 t/an d'intrants traités) représentait 25 % des unités mais 56 % des intrants. Dans la gestion collective des effluents, le coût de transport constitue un goulot d'étranglement. Il varie notamment selon la valeur du produit transporté (éléments fertilisants, matière organique). Le transport de la biomasse pour approvisionner les unités de méthanisation centralisées représente ainsi 35 à 50 % des coûts de fonctionnement (DEA, 1995, cité par Flotats et al. (2009)). Le transport par canalisation, s'il est envisageable, dispose de nombreux atouts. Il réduit les accidents, les émissions d'odeurs et de CO₂. Il réduit également les oppositions locales et les coûts de transfert. Bien que la quantité d'intrants nécessaire à la méthanisation collective accroisse les distances et donc les coûts de transport, des travaux antérieurs avaient déjà démontré les économies d'échelle dans la production de biogaz (Skovsgaard et Jacobsen, 2017) et par voie de conséquence améliore leur rentabilité (Skovsgaard et Jacobsen (2017), cité par Zemo et Termansen (2018)).

Exemples d'unité de méthanisation collective au Danemark, campus de AU Foulum à Tjele (Garcia-Gonzalez et al., 2016)



5/ Italie

L'Italie représente 10 % de la production européenne de volaille et de porcs. Ces productions sont particulièrement présentes dans le nord (Lombardi, Venetto, Emilia-Romano) (Hari et Riiko, 2016). Comme pour le Danemark ou les Pays-Bas notamment, l'Italie a bénéficié de zones dérogatoires aux 170 kg N (i.e. 240 kg N/ha/an) où notamment la fraction liquide des refus de séparation de phases a été autorisée avec un ratio N/P₂O₅ supérieur ou égale à 2,5. D'après l'inventaire réalisé en 2011, ce pays concentre 80 % des séparateurs de phases de l'UE avec 8802 unités en service. Ils se répartissent en 3000 presses à vis, 1200 tamis, 100 décanteuse-centrifuges et 4500 tamis rotatifs. Il s'agit quasi-exclusivement d'unités à la ferme comme le montre la figure suivante, tant en nombre d'unités que de volume d'effluent traité.

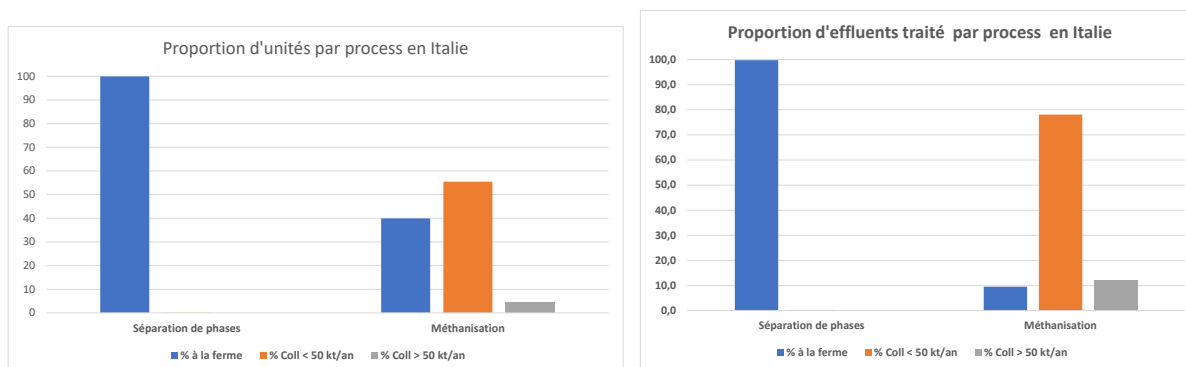


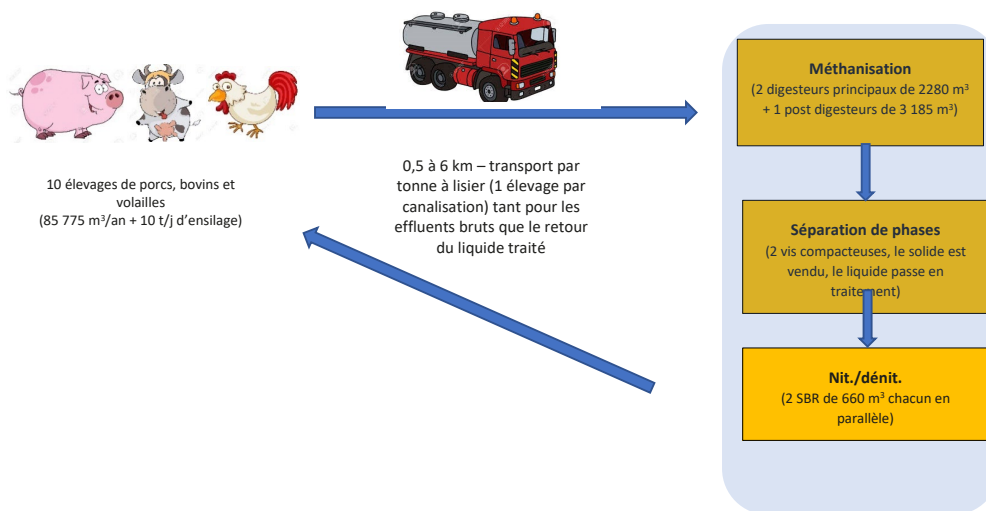
Figure 29. Figure 4 : Procédés de traitement en Italie selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021)

En 2011, l'Italie disposait également de 521 unités de méthanisation ou la proportion d'unités de tailles moyenne (surtout) à grande est plus représenté que les unités à la ferme.

L'agrégation d'élevage dans un consortium ou une coopérative pour le traitement des effluents d'élevage bénéficie d'économie d'échelle. Bien que la grande capacité de traitement facilite la production d'énergie et réduit les coûts unitaires de traitement, les unités collectives sont en fin de compte peu communes en Italie (Provolo et al., 2018)]. Deux exemples d'unités collectives employant notamment une étape de méthanisation sont rapportés ci-dessous.

Exemples d'unités de gestion collective des effluents en Italie :

Unité collective de gestion des effluents dans la province de Bergamo, Lombardi (Garcia-Gonzalez et al., 2016)



Unité collective de gestion des effluents également situé dans la province de Bergamo, Lombardi (Provolo et al., 2018)

Le schéma de fonctionnement est globalement le même que précédemment (transport routier des effluents bruts → méthanisation → séparation de phases → nit./dénit. du digestat) avec cependant des dimensionnements spécifiques :

- 21 élevages distants de 0,5 à 16 km de l'unité de traitement
- Traitement annuel de 241 000 t/an de déjections animales (transport par camion-citerne et tonne à lisier sauf un lisioduc pour l'élevage le plus proche) et apport de maïs ensilage.
- 4 digesteurs anaérobies (volume total de 10 930 m³, mésophile) et 4 post-digesteurs (volume total de 12 740 m³)
- 2 cogénérateurs de 1 MW chacun
- Séparation de phases par décanteuse-centrifuge, le solide est vendu tandis que le liquide est traité par nit./dénit.
- Ces derniers sont constitués de 4 réacteurs en parallèle, ils permettent d'abattre de 70 % de l'azote
- Le digestat traité est stocké dans 3 fosses couvertes (volume total de 12 620 m³) avant de retourner dans les différents élevages apporteurs d'effluents bruts (et avec les mêmes méthodes de transport)

Cette unité collective permet de réduire davantage les émissions de GES que la somme du traitement individuel des 21 élevages (Provolo et al., 2018). L'impact du transport des effluents par la route n'est pas une source importante d'émissions mais pourraient l'être si les distances étaient plus élevées.

6/ Pays-Bas

Les Pays-Bas représentent 10 % de la production européenne de volailles et de porcs. En 2016, les besoins de traitement étaient principalement situés dans le sud du pays (55 %), et dans une moindre mesure dans l'est (35 %), le reste du pays se répartissant les 10 % restant (Hari et Riiko, 2016)[2]. Selon Oomen (2012, cité par [8]), les Pays-Bas effectuent du transport longue distance de déjections animales vers des pays tiers tel que l'Allemagne. En pratique cela signifie que les co-produits de traitement doivent être compostés, incinérés, ou granulés pour que le transport soit économiquement acceptable.

Un témoignage (source non mentionnée, 2020) rapporte le cas d'un élevage de porc en Gelderland n'ayant que 25 ha de surface en propre. Il fait appel à de la séparation de phase mobile pour 3,5 €/m³ et l'enlèvement de la fraction solide pour 13 €/t. La décanteuse centrifuge mobile a un débit particulièrement élevé de 30 m³/h. Elle se déplace plusieurs fois dans l'année pour traiter 400 à 500 m³ de lisier à la fois, la fraction liquide étant épandue localement sur des betteraves.

D'après l'inventaire menée en 2011 (Foged et al., 2011), il y avait 47 séparateurs de phases en fonctionnement dont 42 presses à vis et 1 seule décanteuse-centrifuge, 130 unités de méthanisation et 35 unités de traitements des liquides dont 11 traitements par nit./dénit., 23 dispositifs d'osmose inverse et 1 unité en ultrafiltration. Le nombre d'unité semble peu élevé mais elles ne concernent que des flux d'effluents moyens (< 50 000 t/an) à élevés (> 50 000 t/an). Ces dernières représentent d'ailleurs 62, 77 et 83 % des volumes traités pour respectivement la méthanisation, le traitement des liquides et la séparation de phases. Le traitement à la ferme semble quasi-inexistant d'après cet inventaire.

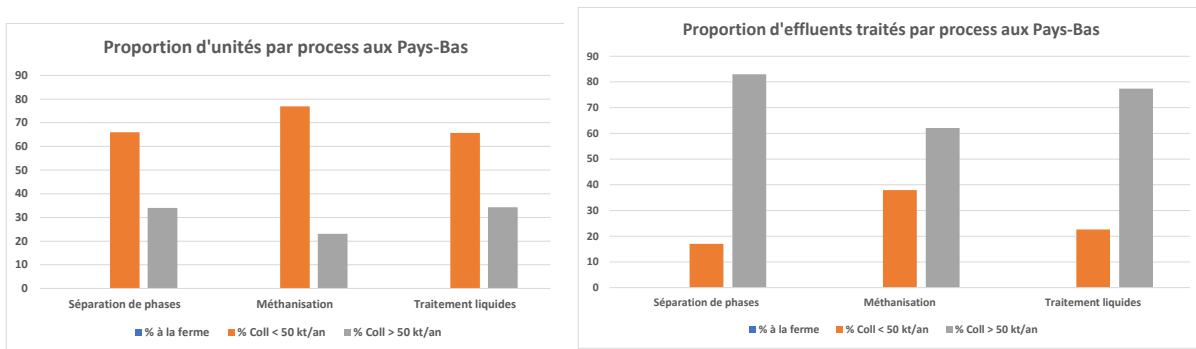


Figure 30. Figure 5: Typologie du traitement des effluents aux Pays-Bas selon Foged et al. (2011) et traitement Ifip (2021)

ANNEXE C : GUIDE D'ENTRETIEN ET GRILLE D'ANALYSE SUR LES DYNAMIQUES ENGAGÉES ET LES CHANGEMENTS DE PRATIQUE (TACHE 1.3)

Guide d'entretien

Projet Geste - Guide d'entretien agriculteurs

NOM - Prénom : Date :

Projet : N° d'enquête :

Cette enquête s'inscrit dans le cadre du projet GESTE qui a pour but de mieux comprendre les modalités de gestion collective des effluents d'élevage, financé par l'ADEME et porté par des instituts techniques et des chambres d'agriculture en partenariat avec l'ESA et l'INRAE. Dans le cadre de ce projet, nous avons repéré un certain nombre d'initiatives, notre objectif à présent est de mieux comprendre leur histoire, leur fonctionnement et les enjeux techniques auxquelles elles répondent. Gilles Martel est zootechnicien, je suis moi-même sociologue, et nous conduirons cet entretien ensemble pour connaître et comprendre respectivement la dimension technique et sociale de [la dynamique] à laquelle vous participez.

Il durera environ une heure et demie.

Acceptez-vous que j'enregistre notre conversation de manière à retranscrire fidèlement cet échange et à ne pas déformer vos propos ? Je précise qu'ils seront anonymes et utilisés uniquement à des fins de recherche.

[Maintenant que l'enregistrement est commencé, pourriez-vous me reconfirmer votre accord ?]

Thème 1 : Présentation de la dynamique collective engagée

Tout d'abord, pourriez-vous nous présenter l'initiative [X] et nous retracer son histoire ?

- Combien d'agriculteurs sont engagés dans la démarche ?
- Dans quel but ? Quelle est la logique et le type d'engagement des participants ?
- Sur quel périmètre ?
- Avec quels autres acteurs sont-ils en lien ?

Relances : Pourriez-vous nous retracer son histoire à présent, depuis l'émergence de l'idée jusqu'à aujourd'hui, en mentionnant les grandes étapes de développement du projet ?

- Qui est à l'origine du projet ?
- Pour quelle raison / dans quelle visée ?
- Cette finalité a-t-elle changé au cours du développement du projet ?
- Et vous, pour quelle raison avez-vous rejoint cette dynamique ? Ces attentes étaient-elles partagées par les autres personnes engagées dans le projet ? sinon, quelle diversité d'attentes portaient les participants ?
- Le projet a-t-il connu des transformations ? a-t-il changé depuis sa création ?
- Comment caractériseriez-vous la diversité d'investissement ou d'engagement individuel dans ce projet ? Certaines personnes sont-elles plus engagées que d'autres ? Certaines personnes ont-elles été motrices à certaines étapes ?

En général, quels bénéfices sont recherchés par les agriculteurs qui s'engagent dans cette dynamique ?

Thème 2 : mode d'organisation et de gouvernance collective

2.1 Modèle opératif :

J'aimerais maintenant comprendre plus précisément comment cette initiative fonctionne. Pourriez-vous m'expliquer le fonctionnement général du [projet] ?

schéma général de fonctionnement à valider

2.2 Modèle cognitif :

J'aimerais maintenant comprendre comment une telle initiative se conduit sur la durée. Pouvez-vous m'expliquer le mode d'organisation que vous avez mis en place et me décrire les règles ou les outils que vous avez construits pour assurer ce fonctionnement ?

CAS DE NOZAY :

- Avant le processus d'échange, comment avez-vous identifié/recruté les participants ?
 - o Se connaissaient-ils auparavant ?
 - o Avez-vous pris contact avec d'autres structures ou voisins ? dans quel but ?
- Durant le processus d'échange parcellaire, comment avez-vous identifié les situations souhaitables/non-souhaitables à corriger ? qu'avez-vous mis en place pour cadrer ces échanges ?
- Les agriculteurs engagés sont-ils toujours en contact ?
- Selon vous, qu'est-ce que cette initiative a changé pour ces agriculteurs ? a-t-elle changé leurs relations, leurs pratiques ou leur lien au territoire ? (nouvelles relations, découverte d'autres groupes/pratiques/insertion dans le territoire, etc.)

CAS DE VIHIERES :

- Comment organisez-vous la mise en commun des ressources ?
 - o Comment organisez-vous la gestion de la qualité/quantité des contributions de chacun ? (périodicité, anticipation du flux et du risque de surcharge, etc.)
 - o Avez-vous testé plusieurs modes d'organisation ? lesquels ?
 - o Pourriez-vous me citer des exemples de fonctionnement/dysfonctionnement ?
 - o Dans quelle mesure ces dysfonctionnements sont-ils problématiques pour l'initiative ? comment sont-ils corrigés ?
 - o Globalement, que pensez-vous de cette organisation ?

Thème 3 : Comment l'engagement de l'agriculteur dans une dynamique collective se traduit dans des changements de pratiques individuelles

J'aimerais maintenant m'intéresser aux effets de ce projet sur votre travail et sur votre rapport aux effluents d'élevage. Qu'est-ce que cette initiative a changé dans votre façon de gérer votre organisation du travail et la conduite de votre troupeau ?

Comment ce [projet] a-t-il changé votre...	(notes) + quels sont les avantages/inconvénients de ce changement ?
Organisation du travail :	
Temps de travail	
Pénibilité	
Recours à la main d'œuvre salariée	
Gestion du troupeau :	
Alimentation	
Gestion des effluents	
Allotement	
Agronomie :	
Pratiques de fertilisation	
Assolement/rotations	
Gestion de la labellisation bio des parcelles non-bio	
Gestion singulière des effluents dans les cas bio/non-bio	

L'importance que vous accordez à la gestion des effluents d'élevage a-t-elle changé depuis votre engagement dans ce projet ?

- pourriez-vous expliquer en quoi ?
- quels enjeux associez-vous à la gestion des effluents d'élevage aujourd'hui ?

Votre engagement dans [ce projet] vous a-t-il conduit à initier d'autres projets ?

- sur votre exploitation ?
- en partenariat avec d'autres agriculteurs ?

Voyez-vous des éléments liés à [ce projet] ou aux changements qu'il a induit dans vos pratiques et dont nous n'aurions pas parlé ?

Avant de clore cet entretien j'aimerais vous demander quelques informations complémentaires pour caractériser votre situation.

Talon sociologique

- Sexe : Homme Femme
- Quelle est votre année de naissance ?
- Quel est le diplôme le plus élevé que vous ayez obtenu ?
- Quelle est votre situation conjugale? le cas échéant quelle profession exerce votre conjoint ?
- Avez-vous des enfants ?
- Quelle profession exerçaient / exercent vos parents ?
- Depuis combien de temps êtes-vous agriculteur ?
- Avez-vous exercé une autre activité professionnelle auparavant ?
- Avez-vous un mandat local ou des responsabilités associatives ? depuis combien de temps ?

Grille d'analyse

Grille d'analyse thématique – Projet GESTE – février 2022

Thèmes / sous-thèmes	Eléments de résultats + Verbatims	Page
0- Description EA (SAU, UGB, Assolement)		
1-Trajectoire de l'initiative		
1-1 Le « problème » initial à résoudre		
1-2 Processus de constitution du collectif -Qui est à l'origine du projet -Historique des relations entre les membres, -Etapas de recrutement		
1-3 Etapas de transformation du projet		
1-4 Diversité des modalités d'engagement des participants -(dés)engagement d'acteurs		
2- Rôle des acteurs et gouvernance		
2-1 Distribution des rôles entre les acteurs		
2-2 Règles de prises de décision (qui décide de quoi, quelle régulation)		
2-3 Règles d'échanges -quelle équivalence entre terres (Nozay) et effluents (Vihiers) -qui définit ces règles ? -quels débats induits ?		
2-4 Organisation (structure, alliances formelles / informelles)		
2-5 Place de l'enquêté dans cette structure (rôle, responsabilité)		
3-Profil de l'enquêté		
3-1 Caractéristiques socio Sexe, âge, niveau de diplôme, métier des parents		
3-2 Date d'installation		
3-3 Expérience professionnelle antérieure à l'installation		
3-4 Engagements et responsabilités		
4-Changement de pratiques		
4-1 Assolement (ares accessible aux animaux, surface des différentes cultures, organisation spatiale des ilots)		
4-2 Travail (quantité ou type d'activité)		
4-3 Fertilisation		
4-4 Gestion de la labellisation Bio		
4-5 Alimentation		

Autres remarques et extraits :

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



GESTE

Le projet GESTE s'intéresse à la gestion collective des effluents d'élevage avec ses conditions de mise en œuvre et ses performances de durabilité, pour les éleveurs et acteurs du collectif et pour le territoire lui-même. L'objectif du projet est de produire des outils pour favoriser l'émergence et la mise en œuvre de ces solutions (épandage collectif, séparation de phase, traitement biologique, compostage de fumier, méthanisation, filtration membranaire, évapoconcentration, stripping).

Une analyse d'une vingtaine d'expériences existantes identifie les freins et leviers à leur mise en place et lors de leur fonctionnement. A l'issue du projet, trois outils sont disponibles pour accompagner des animateurs de territoire ou des collectifs d'agriculteurs dans leur réflexion autour d'une gestion collective de leurs effluents :

- 1/ une brochure technique pour découvrir les options possibles et leurs conditions de mise en œuvre à des échelles collectives ;
- 2/ un simulateur pour tester sur un territoire donné la mise en œuvre d'une solution et quantifier les incidences (flux des matières, bilans N et P, émissions gazeuses en ammoniac et gaz à effet de serre, transport...);
- 3/ un jeu de rôle pour faire expérimenter aux acteurs d'un territoire différentes façons de gérer collectivement les effluents d'élevage et anticiper les modifications de pratiques. Enfin, un territoire pilote associé au projet a avancé dans sa réflexion sur la gestion collective des effluents grâce à une démarche d'accompagnement : une représentation du territoire avec sa problématique a été coconstruite avec les acteurs qui ont ensuite testé le jeu de rôle.

Gérer collectivement les effluents d'élevage peut améliorer la durabilité des élevages et du territoire. Il faut pour cela permettre le développement de ce type d'organisation collective et donner à voir sur ses performances.

Les résultats de ce projet proposent des outils pour accompagner les animateurs de territoire et les collectifs d'éleveurs avec de l'apport d'information, des points de vigilance, un simulateur et un jeu de rôle pour animer des collectifs.

