

MÉMOIRE

Présenté par : **SAMSON Adèle**

Dans le cadre de la dominante d'approfondissement, : **Élevages et filières durables et innovants (EDEN)**

À : INRAE, UMR PEGASE

16 le Clos, Domaine de la Prise

35590 Saint-Gilles

Enquêtes et démarche participative en vue d'optimiser l'utilisation des coproduits dans l'alimentation des ruminants et des monogastriques



Paysage des Hauts-de-France, alentours de Béthune – photo : A. Samson

Pour l'obtention du :

DIPLÔME D'INGÉNIEUR AGROPARISTECH

Enseignant/es-référent du stage : Christelle Loncke et Marta Vazquez-Gomez

Tuteurs de stage entreprise : Florence Garcia-Launay (INRAE) et Laurent Alibert (IFIP)

Stage effectué du 11 /03/24 au 10/09/24

Soutenu le 25/09/24

RESUME

Face aux défis environnementaux, il est crucial pour le secteur de l'élevage d'adopter des pratiques durables tout en restant compétitif. Un levier est l'alimentation animale et l'utilisation de ressources locales pour limiter la dépendance à l'importation, à réfléchir à l'échelle d'un territoire. Ce rapport propose de présenter la mise en place d'une démarche participative pour répondre à un enjeu d'optimisation de l'utilisation des ressources locales pour l'alimentation animale à travers un cas d'étude dans les Hauts-de-France. La démarche débute par une phase de diagnostic à travers des entretiens avec des acteurs du secteur de l'alimentation animale afin de comprendre leurs contraintes et objectifs et plus globalement, les enjeux du territoire sur le sujet. Ces entretiens ont également permis de discuter des limites du système à modéliser grâce à la création de diagrammes des acteurs et des ressources, en s'inspirant de la méthodologie ARDI. Après une analyse thématique, un atelier a ensuite été organisé pour favoriser l'échange entre les acteurs du territoire ayant des points de vue différents. Ce processus collaboratif a permis de mettre en commun les informations recueillies et de définir les objectifs et contraintes qui ont ensuite en partie été transcrits sous forme mathématique pour débiter la modélisation. Les diagrammes des acteurs et des ressources offrent une première vue des limites du système. La méthodologie d'analyse thématique, adaptable en fonction des objectifs, du temps disponible et de la mise en commun ou non lors d'un atelier, doit permettre de saisir les enjeux du territoire. Dans les Hauts-de-France, l'optimisation des ressources locales pour l'alimentation animale se focalise sur l'usage des coproduits. Le territoire, riche en industries agroalimentaires, produit de nombreux coproduits liquides que les élevages valorisent. Les contraintes associées limitent la possibilité de les utiliser. Le modèle d'optimisation permettra de proposer la meilleure allocation des ressources pour répondre aux objectifs des acteurs territoriaux.

MOTS CLES : alimentation animale, territoire, démarche participative, optimisation multi-objectif

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier sincèrement mes encadrants, à commencer par Florence Garcia-Launay pour ses bons conseils, son soutien, ses remarques constructives et les moments partagés lors des missions sur le terrain. C'était un plaisir pour moi de travailler ensemble. Merci également à Laurent Alibert pour sa disponibilité quand j'en avais besoin malgré la distance.

Je remercie mes professeures Christelle Loncke et Marta Vaquez-Gomez pour leur encadrement dans le stage ainsi que l'ensemble des professeurs de la spé EDEN et d'AgroParisTech qui ont contribué à ce que j'acquière mes compétences et mes connaissances actuelles utiles à ce stage et à mes futures expériences professionnelles.

Je remercie le GIS Elevages Demain pour le soutien financier qui a permis à ce travail de voir le jour.

Je remercie les ingénieurs et chercheurs français et internationaux pour leur disponibilité et leur engagement dans le stage. J'ai apprécié les réunions et les échanges de mails qui m'ont apporté de riches conseils pour avancer dans le stage.

Je remercie les acteurs du territoire des Hauts-de-France pour leur disponibilité et leur accueil. Merci de m'avoir donné de leur temps pour réfléchir ensemble à une démarche participative pour valoriser les ressources du territoire.

Je remercie l'ensemble des membres de l'unité PEGASE pour leur accueil.

Enfin, je remercie vivement les doctorants et jeunes actifs de PEGASE qui m'ont accueillie à bras ouverts : Emmanuelle, Coralie, Caroline, Clément, Clément-Marc, Angélique, Auxane, Chloé, Marianna, Gwendal, Ellynn, Jean-Charles.

SOMMAIRE

RESUME.....	2
REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	4
LISTE DES FIGURES.....	6
LISTE DES TABLEAUX.....	6
LISTE DES ANNEXES.....	6
LISTE DES ABREVIATIONS	7
1. Introduction.....	8
2. Etat de l’art.....	9
2.1. Utilisation de matières premières qui répondent aux enjeux de compétitivités et environnementaux	9
2.2. Des méthodes de formulation d’aliments pour objectiver l’intérêt des MP pour réduire les impacts environnementaux de l’alimentation animale.....	11
2.3. Des démarches participatives permettent le transfert des connaissances pour une application adaptée à un territoire	13
3. Contexte	15
3.1. Construction d’un projet européen interdisciplinaire	15
3.2. Environnement de travail proche.....	15
3.3. Présentation du cas d’étude, contexte agricole dans les Hauts-de-France	16
3.4. Présentation de la coopérative NordAppro.....	17
4. Matériels et méthodes	18
4.1. Étapes de la démarche et périmètre du stage.....	18
4.2. Choix des acteurs enquêtés.....	19
4.3. Entretiens.....	20
4.4. Atelier	21
4.5. Analyse	22
4.5.1. Analyse pour définir les limites du système.....	22
4.5.2. Analyse thématique	22
4.6. Traduction mathématique	23
4.7. Collecte et utilisation des données.....	23
5. Résultats.....	24
5.1. Analyse thématique sur la valorisation des ressources locales pour l’alimentation animale.....	24
5.1.1. Les coproduits, une opportunité pour l’alimentation animale.....	24
5.1.2. Utiliser des ressources locales, un enjeu partagé	24

5.1.3.	Des objectifs économiques pour chacun, entre vendre au plus cher et acheter au moins cher.....	25
5.1.4.	La méthanisation, un débouché pour les coproduits en compétition avec l'alimentation animale ?.....	26
5.1.5.	Une volonté d'indépendance et d'autonomie des éleveurs pour l'alimentation animale	27
5.2.	Problématisation des enjeux du territoire	27
5.3.	Limites du système pour le problème d'optimisation	27
5.3.1.	Diagramme des acteurs	28
5.3.2.	Diagrammes des ressources et occurrence	31
5.4.	Des objectifs et contraintes identifiés à leur écriture mathématique	33
5.4.1.	Objectifs économiques des éleveurs et des industriels.....	34
5.4.2.	Objectifs environnementaux à différentes échelles.....	35
5.4.3.	Contraintes nutritionnelles des aliments.....	36
5.4.4.	Contraintes sur l'allocation et les distances parcourues des ressources produites par les industriels	36
5.4.5.	Proposition de variables de décision	37
5.5.	Les données pour le modèle d'optimisation	38
6.	Discussion	39
6.1.	Délimiter le système d'étude	39
6.1.1.	Délimiter le territoire, dans quel système se base le modèle ?.....	39
6.1.2.	D'autres possibilités pour définir les limites du système.....	40
6.2.	Des enjeux du territoire au problème d'optimisation multi-objectif.....	41
6.2.1.	Analyse du cas d'étude et modélisation mathématique	41
6.2.2.	Approches et des données actuelles sur la valorisation des coproduits agroalimentaires et leurs limites	42
6.3.	Analyse réflexive sur la démarche participative.....	43
6.3.1.	Apports de la démarche participative dans le cas d'étude.....	43
6.3.2.	Une prise de contact facilitée pour impliquer et fidéliser des acteurs dans la démarche participative	43
6.3.3.	Adaptation de la démarche aux contraintes logistiques et préconisation de méthodologies de l'analyse thématique (figure 9).....	45
7.	Conclusion	50
	BIBLIOGRAPHIE	51
	ANNEXES	55
	ABSTRACT	83

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Front de Pareto de la formulation d'aliments porcs pour croissance (rouge) ou finition (noir) (Wilfart et al., 2018).....	12
Figure 2 : Classification des méthodes d'optimisation multi-objectifs et rôle des acteurs dans les processus d'optimisation. (Nisztuk et al., 2016).....	14
Figure 3 : Place du stage dans le projet.....	18
Figure 4 : Réseau d'acteurs du territoire autour de la question de l'alimentation animale.....	19
Figure 5 : Etapes d'analyse de la démarche du stage.....	22
Figure 6 : Occurrences de citation des catégories d'acteurs lors des entretiens et niveau d'importance attribué.....	28
Figure 7 : Diagramme bilan des acteurs du secteur de l'alimentation animale dans le territoire étudié des Hauts-de-France.....	30
Figure 9 : Suggestion d'une démarche participative pour construire un modèle d'optimisation multi-objectif.....	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques principales des élevages de porcs et vaches laitières dans les Hauts-de-France.....	16
Tableau 2 : Etablissements agroalimentaires de la région Hauts-de-France et coproduits associés.....	17
Tableau 3 : Organisation de l'entretien avec les acteurs enquêtés.....	21
Tableau 4 : Taux de citation des relations entre les catégories d'acteurs.....	30
Tableau 5 : Contraintes et objectifs retenus à la suite des entretiens et de l'atelier pour les principales catégories d'acteurs.....	33
Tableau 6 : Apports des étapes de la démarche du cas d'étude.....	43
Tableau 7 : Particularités des acteurs impliqués dans les différentes étapes de la démarche de modélisation.....	44
Tableau 8 : Comparaison de différentes approches pour la mise en œuvre d'une analyse thématique.....	48

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Voies de production de certains coproduits utilisés en alimentation animale.....	55
Annexe 2 : Compétences acquises pendant le stage.....	56
Annexe 3 : Guides d'entretiens.....	58
Annexe 4 : Déroulé de l'atelier.....	65
Annexe 5 : Etapes d'analyse des diagrammes de acteurs.....	71
Annexe 6 : Etapes d'analyse des diagrammes des ressources.....	72
Annexe 7 : Catégorisations des acteurs cités dans les diagrammes des acteurs.....	73
Annexe 8 : Catégorisation des ressources citées dans les diagrammes des ressources.....	75

Annexe 9 : Diagrammes des ressources après discussion lors de l’atelier.....	77
Annexe 10 : Description et unité des variables des équations mathématiques	81
Annexe 11 : Données disponibles sur le territoire pouvant être utilisées pour le modèle d’optimisation multi-objectif.....	82

LISTE DES ABREVIATIONS

ACV : analyse de cycle de vie

FAO : organisation pour l’alimentation et l’agriculture

GES : gaz à effet de serre

GIS Avenir Elevages : groupe d’intérêt scientifique avenir élevages

GTE : gestion technico-économique

GTTT : gestion technique des troupeaux de truies

ha : hectare

IDELE : institut de l’élevage

IFIP : institut du porc

INRAE : institut national de la recherche pour l’agriculture, l’alimentation et l’environnement

kg : kilogramme

LCOF : low cost opportunity feed

MIA : Mathématiques et Informatique Appliquées

MP : matières premières

PEGASE : Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Élevage

PL : programmation linéaire

RESEDA : réseau pour la sécurité et la qualité des denrées animales

SAU : surface agricole utile

t : tonne

TYFA : Ten Years For Agroecology

1. Introduction

L'élevage européen contribue de manière significative aux impacts environnementaux, se traduisant par des émissions de gaz à effet de serre (GES) importantes, une utilisation des terres et une perte de biodiversité. A l'échelle de l'Union Européenne, les émissions de GES provenant de l'élevage représentent environ 10 % des émissions totales d'origine anthropique, soit 493 Tg CO₂-eq/an (Lesschen et al., 2011). Concernant l'occupation des terres, 70 % des surfaces agricoles en Europe sont alloués à l'élevage, dont 40 % servent à produire des cultures pour l'alimentation animale, qui pour une grande partie pourrait être valorisées directement pour l'alimentation humaine (Bikker & Jansman, 2023; Mottet et al., 2017), entretenant la compétition entre alimentation humaine et alimentation animale.

Cependant, il ne faut pas négliger le rôle crucial de l'élevage dans la souveraineté alimentaire et dans la fourniture de services écosystémiques. Les animaux valorisent des surfaces non exploitables pour les cultures de vente et produisent des fertilisants organiques essentiels (lisier, fumier, etc.) (Beal et al., 2023; Dourmad et al., 2019). Le défi réside donc dans la capacité à maintenir les bénéfices des productions animales tout en répondant aux enjeux environnementaux actuels, dans un contexte économique incertain.

A l'échelle mondiale, 6 milliards de tonnes de matières sèches d'aliments sont nécessaires pour nourrir les animaux d'élevages (Mottet et al., 2017). Le choix des matières premières (MP) constitue donc un levier stratégique pour réduire l'impact environnemental de l'élevage. Des questions scientifiques considèrent les meilleures allocations des ressources qui ne contribuent pas à la déforestation, qui sont issues de l'agriculture biologiques ou avec de faibles apports en engrais azotés ou des matières à faibles coûts d'opportunité qui n'entrent pas en compétition avec l'alimentation humaine (Barbieri et al., 2022; Bikker & Jansman, 2023; Dusart et al., 2016; Mackenzie et al., 2016; Poux & Aubert, s. d.; Wilfart et al., 2016).

Ces travaux sont souvent réalisés à l'échelle macro (mondiale, européenne, etc.) mais pour assurer la résilience des systèmes, une production à l'échelle territorial est plus favorable (Lamine & Chiffolleau, 2018). Il est donc nécessaire de décliner les enjeux environnementaux et économiques à l'échelle d'un territoire donné, en prenant en compte les spécificités locales et en intégrant les acteurs territoriaux dans les démarches scientifiques. Les approches participatives, en plein essor, offrent des solutions pour adapter les questionnements aux réalités locales.

Ainsi, la question à l'échelle territoriale, peut être formulée sous la forme « Comment choisir les matières premières pour l'alimentation animale dans un territoire pour concilier moindre impacts environnementaux et compétitivité ? ». L'état de l'art qui suit reviendra sur les matières premières capables de répondre à ces enjeux, puis s'intéressera aux méthodes de formulation des aliments qui répondent à divers contraintes et objectifs, et présentera des exemples de transfert de ces connaissances sur le terrain pour que les recherches scientifiques soient adaptées à un territoire.

2. Etat de l'art

2.1. Utilisation de matières premières qui répondent aux enjeux de compétitivités et environnementaux

Les matières premières utilisées dans l'alimentation animales doivent répondre aux enjeux de l'élevage : réduire l'empreinte environnementale, rester compétitifs et économiquement utilisables. Ce sont généralement les protéines qui sont l'élément le plus coûteux, que ce soit économiquement ou environnementalement. Le soja est reconnu comme l'une des meilleures sources de protéines, grâce à son profil en acides aminés bien équilibré et sa bonne digestibilité (Stein et al., 2008). Cependant, l'utilisation massive du soja pose des défis environnementaux, en raison des émissions liées au transport et de la déforestation qui contribue à une perte de biodiversité. Les travaux se tournent beaucoup dans la recherche d'alternatives qui permettent de substituer le tourteau de soja tout en répondant aux contraintes nutritionnelles des animaux.

Des perspectives résident dans l'utilisation des matières premières à faible coût d'opportunité (low cost opportunity feed, LCOF) définies comme des ressources dont la valorisation dans d'autres secteurs que l'alimentation animale est très faible et ne génère pas de bénéfices. Il s'agit, par exemple, des résidus de cultures, des déchets alimentaires ou des coproduits et des ressources en herbe (Van Hal et al., 2019). Leur utilisation permet de réduire la compétition entre alimentation animale et alimentation humaine et sont souvent peu émetteurs en gaz à effet de serre. Van Zanten et al., (2018) estiment dans une revue bibliographique que les animaux d'élevage (porcins, bovins, poulets de chair et poules pondeuses) nourris avec des LCOF peuvent fournir de 9 à 23 g des protéines par jour sur les 50 g nécessaires dans notre alimentation et donc répondre à la demande alimentaire. Les effets sur l'environnement sont positifs, avec une réduction possible de 31% des émissions de GES et de 42% de l'usage des terres, en orientant la production vers le porc et le bœuf de vaches laitières plutôt que les poulets (Van Selm et al., 2022). Cependant, le volume de LCOF dépend du régime alimentaire humain, et l'amélioration des technologies de transformation risque de réduire la quantité et la qualité des coproduits disponibles pour l'alimentation animale.

Les légumineuses sont des plantes capables de fixer l'azote atmosphérique, enrichissant ainsi le système en apportant des nutriments essentiels sans nécessiter d'engrais azotés synthétiques. De façon plus générale, les fourrages, en particulier lorsqu'ils sont issus de prairies permanentes, jouent un rôle important dans la séquestration du carbone contribuant ainsi à compenser partiellement les émissions de GES de l'élevage. Aussi, des recherches récentes se concentrent sur l'intégration des fourrages dans l'alimentation des monogastriques (comme les porcs), ce qui n'était historiquement pas courant. Stødkilde et al., (2019) qualifient les fourrages comme une ressource prometteuse grâce à sa teneur élevée en protéines, son profil équilibré en acides aminés et sa digestibilité adaptée aux besoins des porcs. Sur le plan environnemental, l'intégration de ces fourrages présente des avantages significatifs. Par exemple, une étude d'analyse de cycle de vie menée par Zira et al., (2023) démontre que l'incorporation de trèfles dans l'alimentation porcine permet de réduire les impacts du changement climatique de 13 à 17 % par kilogramme de carcasse produite. Cette réduction est principalement attribuable à la capacité du trèfle à fixer l'azote atmosphérique, réduisant ainsi le besoin en fertilisants minéraux. En effet, 45 % des émissions de GES du système témoin étudié sont liées à la production d'aliments, et 40 % proviennent de la fertilisation, tandis que le reste des émissions est attribué à la fermentation entérique, au transport, et à l'énergie utilisée.

Plusieurs matières premières issues de l'élevage d'insectes (farines de larves, larves déshydratées, etc.), font aussi l'objet de travaux visant à évaluer leur potentiel à diminuer les impacts environnementaux des productions animales. Kaczor et al., (2022) listent les utilisations de la mouche soldat noire qui permet une des meilleures valorisations des substrats connues. La production d'insectes est vue comme un levier pour recycler les déchets et la biomasse organique s'intégrant ainsi dans une réflexion d'économie circulaire pour répondre à des enjeux environnementaux. L'intégration des larves, vivantes ou sous forme de farine, dans l'alimentation des monogastriques (volailles et porcs) a montré des effets positifs sur la santé ou sur le comportement et les performances de production. Sur le plan environnemental, Van Huis & Oonincx, (2017) proposent des analyses de cycle de vie (ACV) (encadré 1) pour comparer la farine d'insectes à la farine de poisson ou le tourteau de soja, qui nutritivement peuvent se substituer les uns aux autres. Les résultats sont nuancés, la substitution du tourteau de soja à 50 % par la farine d'insectes permet de diminuer l'utilisation des terres, le potentiel de changement climatique et l'utilisation d'énergie respectivement de 98 %, 61 % et 38 % (Van Zanten et al., 2015). Cependant ces résultats sont fortement dépendants du contexte de production et l'élevage d'insectes nécessite une forte consommation d'énergie pour maintenir des températures importantes qui favorisent leur croissance. De plus, l'utilisation de produits issus d'insectes ajoute un niveau trophique supplémentaire qui n'apporte pas de valeur ajoutée. En effet, ces insectes sont nourris avec des matières premières qui pourraient être directement utilisées pour l'alimentation des animaux d'élevage. Cette situation est d'autant plus marquée dans un contexte où subsistent des incertitudes concernant les aspects sanitaires et les risques pour la biodiversité, à l'origine de réglementations européennes qui interdisent l'utilisation de déchets alimentaires humains comme substrat pour l'élevage d'insectes.

Ces matières premières alternatives offrent des avantages environnementaux significatifs tout en contribuant à répondre aux besoins nutritionnels des animaux. Cependant, l'optimisation de leur utilisation nécessite une approche globale prenant en compte les contraintes économiques, environnementales et nutritionnelles propres à chaque élevage. Le choix des ressources se fait donc en intégrant les spécificités de chaque matière première pour maximiser les bénéfices environnementaux tout en maintenant la compétitivité des systèmes d'élevage, faisant intervenir des problématiques de formulation d'aliment.

Encadré 1 : cadre conceptuel et méthodologique

Analyse de cycle de vie : L'analyse de cycle de vie (ACV) est une méthode holistique qui évalue l'impact environnemental d'un produit tout au long de sa vie. L'ACV permet d'obtenir un résultat quantitatif sur l'utilisation des ressources et l'émission de polluants, qui peuvent être déclinés, entre autres, en utilisation de terre, utilisation d'énergie non renouvelable, demande en phosphore, émissions de GES, acidification, eutrophisation (De Quelen et al., 2021), biodiversité, etc. Pour des productions qui se déclinent en plusieurs productions, régulièrement retrouvé dans le contexte agricole avec la production de coproduits, des allocations sont nécessaires. Les méthodes d'allocations possibles sont l'allocation économique, qui consiste à attribuer l'impact proportionnellement à la contribution économique du produit par rapport au tout, l'allocation physique (massique), qui attribue le coût proportionnellement à la masse et l'allocation par expansion du système qui permet de comptabiliser les impacts évités par rapport à l'utilisation du produit qui a été substitué. Pour pouvoir comparer directement des données de plusieurs ACV, il faut que la même méthode d'allocation ait été choisie.

Agroécologie : L'agroécologie, que ce soit à l'échelle de l'exploitation agricole ou celle du système agroalimentaire global, consiste à appliquer les principes écologiques aux pratiques agricoles (Wezel et al., 2009). La FAO, (2018) définit dix éléments de l'agroécologie que sont la diversité, la co-création de connaissance, les synergies, l'efficacité, le recyclage, la résilience, les valeurs humaines et sociales, la culture et les traditions alimentaires, la gouvernance responsable, et l'économie circulaire et solidaire. Wezel et al., (2020) aboutissent à treize principes associés à prendre en compte dans les décisions et à intégrer lors de la conception de nouveaux systèmes agricoles agroécologiques.

Bioéconomie circulaire : système économique et de production qui vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact environnemental en augmentant le bien-être de la société (Dourmad et al., 2019).

Services écosystémiques : bénéfiques apportés par les écosystèmes pour le bien-être des sociétés humaines. Ils sont regroupés, par le Millennium Ecosystem Assessment (Program), (2005) en quatre grandes catégories que sont le support, l'approvisionnement, la régulation et la culture.

2.2. Des méthodes de formulation d'aliments pour objectiver l'intérêt des MP pour réduire les impacts environnementaux de l'alimentation animale

Les premiers outils de formulation se sont basés sur de la programmation linéaire (PL) avec une formulation à moindre coût. Cela consiste à calculer la meilleure combinaison d'ingrédients qui permette de répondre à des contraintes nutritionnelles, d'énergies, de protéines, de fibres, de minéraux pour un prix de fabrication final le plus faible possible. La formulation repose donc sur une optimisation mathématique où l'objectif est unique. Le modèle d'optimisation est défini en traduisant en équations mathématiques chaque contrainte associée aux besoins des animaux et aux matières premières qui peuvent être intégrées à l'alimentation. Ces équations sont sous forme d'inégalités avec des variables non négatives qui correspondent dans ce cas aux quantités de matière première à incorporer. C'est la résolution de ces inégalités qui va permettre de trouver les quantités qui permettent de minimiser le coût.

La formulation à moindre coût a des limites, elle ne se base que sur un objectif de prix, alors que les enjeux actuels sont multiples. Une méthode alors développée pour répondre à certaines de ces limites est la programmation mathématique multicritère permettant de prendre en compte plusieurs objectifs, qui peuvent être conflictuels. Elle permet de surmonter la rigidité des contraintes et de prendre en compte plusieurs objectifs (Castrodeza et al., 2005).

Pour prendre en compte les impacts environnementaux, Mackenzie et al., (2016) proposent de formuler des aliments pour porcs en combinant un objectif de minimisation du coût avec des objectifs de minimisation d'impacts environnementaux par ACV, calculés avec un modèle d'estimation. Les objectifs environnementaux qui sont minimisés sont l'utilisation de ressources non renouvelables, le potentiel d'acidification, le potentiel d'eutrophisation et le potentiel de réchauffement de la planète du kilogramme de porc en sortie de ferme. Plusieurs objectifs sont donc définis mais la formulation est faite pour ne minimiser qu'une seule catégorie d'impact à la fois, entraînant systématiquement une augmentation des autres impacts environnementaux. Pour convenir d'une formulation optimale, les auteurs proposent un score combiné d'impacts environnementaux à minimiser qui additionne les 4 impacts normalisés pour

qu'ils aient le même poids. Les solutions ponctuelles, dépendantes de l'objectif qui est priorisé, sont visualisées et comparées à travers des diagrammes en araignée.

Wilfart et al., (2019) proposent une autre visualisation des solutions du problème multi-objectif de formulation d'aliments pour porc et pour volaille. Il s'agit de la représentation des variations conjointes des index de prix en fonction des index environnementaux, qui permet de visualiser l'impact de l'augmentation du prix lors de la réduction de l'impact environnemental. L'impact environnemental est celui du kg d'aliment en sortie d'usine de fabrication et non du kg de porc. Dans cet exemple, la diminution de l'impact environnemental est toujours associée à une augmentation du prix de l'aliment mais l'intérêt est de définir les compromis qui se trouvent aux points d'intersections des différentes pentes. Cette visualisation correspond au front de Pareto, c'est-à-dire l'ensemble des solutions optimales. Pour chaque point, il n'existe pas une meilleure solution qui permette de mieux répondre à l'ensemble des objectifs. Aucune des solutions ne peut améliorer un objectif sans en détériorer un autre. La figure 1 propose un exemple de front de Pareto pour lequel les objectifs sont la minimisation de l'index environnemental et de l'index de prix. Pour des facteurs donnés (α_{lim}), il existe un ensemble de solutions possibles dont le choix d'une en particulier va dépendre de la priorisation des objectifs.

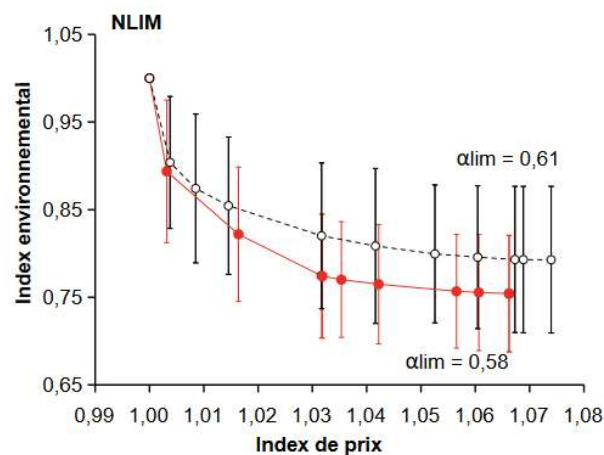


Figure 1 : Front de Pareto de la formulation d'aliments porcs pour croissance (rouge) ou finition (noir) (Wilfart et al., 2018)

Les modèles d'optimisation peuvent permettre de formuler des aliments, et servent comme outils d'aide à la décision pour les élevages. Par exemple, les travaux de Prisenk et al., (2016), proposent une formulation pour vaches laitières en agriculture biologique, testée en condition réelle pour répondre à des objectifs de production selon les saisons. Ces modèles peuvent également être utilisés pour explorer des scénarios possibles et analyser les conséquences de modifications de régime alimentaire sur des facteurs environnementaux ou économiques. En testant de nouvelles ressources, ils permettent d'en estimer des prix d'intérêts.

Les modèles utilisés permettent de mettre en avant l'intérêt de l'utilisation des nouvelles ressources à moindre impact environnemental comme les LCOF. Par exemple, Wilfart et al., (2019) montrent qu'il est possible de réduire de 17 à 20 % l'index environnemental de l'aliment pour porcs en utilisant des coproduits dans la formulation, avec un prix de l'aliment qui n'augmente que de 2 % par rapport à un prix de base. Mackenzie et al., (2016) démontrent également que l'intégration des résidus de boulangerie dans l'aliment, inclus à leur maximum

autorisé par le modèle selon des contraintes nutritionnelles, permet une diminution significative des impacts environnementaux.

Ces modèles d'optimisation permettent de faire des propositions de formulation d'aliment et d'objectiver l'intérêt de certaines matières premières dans les formulations. Les contraintes et les objectifs qui sont intégrés aux modèles peuvent être multiples, et pour que le modèle soit utilisable en tant qu'outil d'aide à la décision, il doit prendre en compte les particularités du territoire. Une décision humaine est nécessaire pour choisir entre les différentes solutions proposées, l'implication des acteurs du territoire permet alors de faire le choix de MP le plus adapté à leurs besoins.

Encadré 2 :

Système : entité complexe constituée d'un ensemble d'éléments interconnectés ou interdépendants. Les éléments ne peuvent être définis ou compris qu'en relation les uns avec les autres, en fonction de leur place et leur rôle dans l'ensemble (de Saussure, 1916).

Modèle : Abstraction et simplification du monde réel, capable d'intégrer les principales interactions et le comportement du système étudié, apte à être manipulé en vue de prévoir les conséquences de la modification d'un (ou plusieurs) déterminant sur le comportement du système (Spedding, 1988)

2.3. Des démarches participatives permettent le transfert des connaissances pour une application adaptée à un territoire

Les démarches participatives connaissent un essor considérable, devenant un moyen privilégié pour assurer le transfert des connaissances scientifiques vers des applications concrètes sur le terrain (Houllier & Merilhou-Goudard, 2016). Ce type de démarche facilite l'intégration des connaissances locales avec celle de la recherche, répondant ainsi aux besoins spécifiques d'un territoire. Sans ces processus collaboratifs, le passage de la théorie à la pratique reste souvent difficile à mettre en œuvre, car il manque l'implication directe des acteurs locaux.

Dans le cadre de l'optimisation multi-objectif, il n'existe pas une seule solution mais un ensemble de solutions possibles, étant donné que les objectifs sont souvent divergents. Pour que le choix final soit adapté au terrain, l'implication des acteurs locaux est donc essentielle. Afsar et al., (2023) proposent ainsi une méthodologie pour permettre de construire le modèle avec les différentes parties prenantes. Ces participants sont les experts du domaine qui possèdent une connaissance approfondie du sujet et du territoire, les décideurs qui définissent l'orientation que prend le modèle, et enfin les décideurs politiques qui peuvent influencer l'orientation de certaines variables du modèle à l'échelle locale. En fonction de la place des décideurs dans le processus d'optimisation, illustrée dans la figure 2, le modèle abouti est plus ou moins adapté au territoire. L'intervention des décideurs peut se faire « a priori », dans ce cas les objectifs multiples sont priorisés pour déterminer les solutions. Elle peut se faire « a posteriori » dans ce cas, les décideurs indiquent leurs préférences de choix après l'établissement du front de Pareto des solutions. Enfin, elle peut se faire « de façon interactive », les orientations sont alors précisées au fur et à mesure permettant la visualisation de fronts de Pareto spécifiques, pour la proposition d'un ensemble restreint de solutions. La verbalisation permet d'enrichir la réflexion, le processus interactif entre décideurs et mathématiciens permet de générer de nouvelles idées et de trouver des compromis qui répondent à des attentes du terrain (Boukhelifa et al., 2019).

En amont de la modélisation, des données et l'établissement des objectifs et des contraintes sont nécessaires. Des travaux proposent de les identifier avec des enquêtes individuelles auprès des parties prenantes, comme Hobballah et al., (2018) sur la thématique de l'utilisation de bois pour l'isolation, voire à l'aide d'un atelier collectif pour ajuster les composantes du modèle (Afsar et al., 2023). Dans le secteur agricole et dans le cadre de la formulation d'aliments, il semble qu'aucun exemple pratique n'illustre le passage des demandes du terrain à un problème d'optimisation multi-objectif.

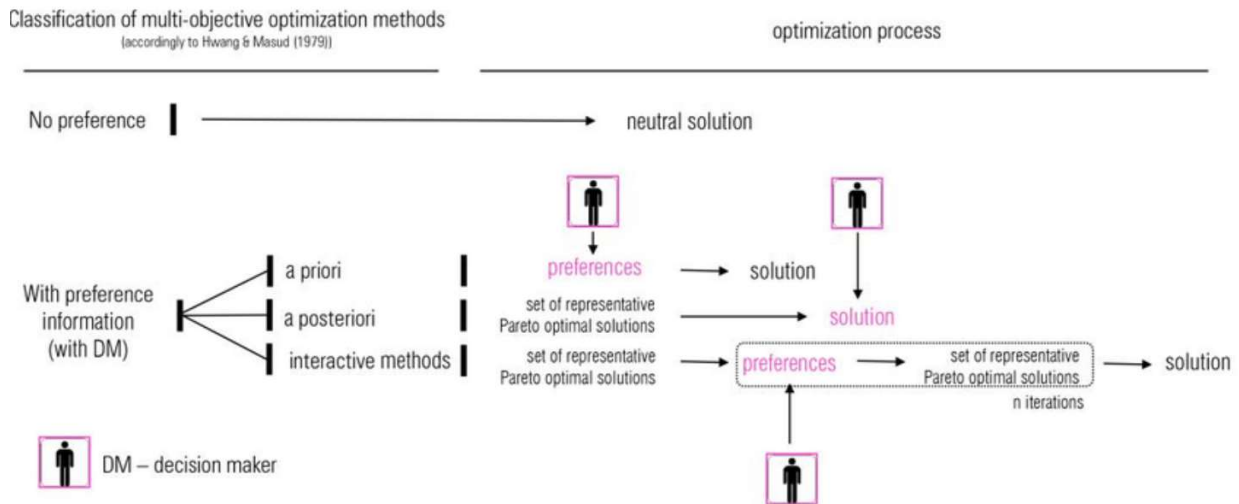


Figure 2 : Classification des méthodes d'optimisation multi-objectifs et rôle des acteurs dans les processus d'optimisation. (Nisztuk et al., 2016)

De façon plus générale, des démarches de recherche participatives permettent d'intégrer les parties prenantes dans la construction d'un projet voire dans la construction d'un modèle dans le cadre d'un projet. Par exemple, la modélisation d'accompagnement (ComMod) est une démarche participative qui permet de fédérer des acteurs autour d'une problématique qui les concerne et de mettre en place un travail de recherche adapté au territoire (ComMod, 2013). Des acteurs se regroupent pour « partager leurs points de vue sur une question qui les concerne collectivement, afin qu'ils puissent s'engager ensemble dans le processus de prise en charge de ces incertitudes ». Plusieurs aspects entrent en jeu dans ce type de démarche : une question est posée, des porteurs facilitent les échanges, des participants partagent leur point de vue. Pendant les discussions, pour une bonne compréhension de tous et pour arriver à une vision globale commune, toutes les idées sont explicitées, les limites et les incohérences sont discutées. Une modélisation résulte de ces échanges pour formaliser les points de vue et une simulation de l'évolution du système peut être réfléchi.

Une des méthodologies ComMod est la méthodologie ARDI (Acteurs, Ressources, Dynamiques, Interactions) qui propose, à travers des ateliers, de construire des diagrammes pour répondre à une question d'un territoire avec les acteurs concernés, et pour construire ensuite le modèle. Les diagrammes sont au nombre de 4 : un diagramme des Acteurs, un diagramme des Ressources, un diagramme des Dynamiques et un diagramme des Interactions. Les diagrammes créés permettent d'élaborer une proposition de gestion ou sont utilisés comme outil de concertation pour expliquer les règles de décision à l'origine des interactions (Étienne, 2010).

L'alimentation est un levier pour une production animale qui répond aux enjeux environnementaux. L'optimisation est une méthodologie qui permet de travailler à plusieurs échelles dont celle d'un petit territoire dans une optique de circularité et de valorisation de productions locales. Le modèle construit à partir de cette méthodologie permet de proposer de nouvelles solutions en prenant en compte les multiples enjeux de l'élevage, potentiellement contradictoires dont certains sont portés par les acteurs du terrain. Aussi pour que ces méthodologies proposées par la recherche soient applicables et appliquées sur le terrain, il est essentiel d'impliquer les acteurs dans une démarche participative.

Dans ce stage, à travers un cas d'étude dans les Hauts-de-France, nous proposons de réfléchir à la problématique : **Quels sont les apports d'une démarche participative en vue d'optimiser l'utilisation des ressources locales pour l'alimentation animale ?**

Le présent rapport détaillera, après la présentation de l'environnement de travail et la contextualisation du territoire, la démarche participative utilisée. Puis il proposera une analyse du territoire et de la démarche, qui seront finalement discutés.

3. Contexte

3.1. Construction d'un projet européen interdisciplinaire

Le stage s'inscrit dans le cadre de la préparation d'un projet européen qui vise à évaluer les contraintes et les opportunités d'un territoire pour améliorer l'autonomie alimentaire en élevage. Ce projet répond aux enjeux des systèmes durables, productifs, zéro émissions et résilients et l'objectif est de diminuer la dépendance du secteur agricole européen aux produits importés.

Le projet propose de combiner sciences sociales, sciences animales, mathématiques pour répondre à une problématique d'optimisation multi-objectif à l'échelle locale. Le stage consiste à tester l'approche multidisciplinaire, à proposer des conseils méthodologiques applicables aux futurs cas d'étude et à réfléchir à la conception du modèle d'optimisation. La démarche envisagée est de travailler sur des cas d'étude, type « Living Labs », dans plusieurs régions d'Europe dans l'optique de réaliser un modèle d'optimisation multi-objectif généralisé issu de ces cas d'étude et utilisable à d'autres contextes locaux.

Par son aspect international et multidisciplinaire, un certain nombre de personnes sont partenaires du projet et donc personnes ressources pour le stage. Des chercheurs de l'unité MIA (INRAE) et de l'université de Jyväskylä (Finlande), travaillent sur la modélisation et l'optimisation multi-objectif. Des membres de l'IFIP et IDELE sont des soutiens par rapport à l'identification d'acteurs sur le terrain et pour répondre à des questions techniques sur l'alimentation animale, tout comme des chercheurs INRAE et du Kmetijski Institut (Slovénie). Des chercheurs de l'Agri-food and Biosciences Institute (Royaume-Unis) mobilisent des compétences et connaissances sur les évaluations multicritères. Des chercheurs du Center for Agro-food Economics and Development (Espagne) travaillent sur des approches de « living labs ».

3.2. Environnement de travail proche

Une partie du projet est portée par des chercheurs de l'UMR PEGASE (INRAE), basée à Saint-Gilles (35) travaillant dans l'équipe SysMo, où se tient le stage. Cette équipe travaille sur

l'optimisation et l'amélioration du bilan environnemental et des qualités des productions animales en jouant sur les stratégies d'alimentation innovantes, dans les systèmes d'élevage d'animaux monogastriques. L'équipe apporte les compétences et les méthodologies de modélisation systémique et d'évaluation multicritère qui sont quotidiennement employées par les chercheurs.

Les encadrants du stage sont Florence Garcia-Launay (INRAE PEGASE) et Laurent Alibert (IFIP). Le stage est financé par une bourse du GIS Avenir Elevages.

3.3. Présentation du cas d'étude, contexte agricole dans les Hauts-de-France

Le périmètre du cas d'étude est la région Hauts-de-France, divisée en 5 départements avec des dynamiques agricoles différentes¹. La Somme, l'Oise et l'Aisne sont plutôt tournés vers les grandes cultures, avec des tailles moyennes d'exploitation par département entre 100 et 125 ha de SAU, alors que le Nord et le Pas-de-Calais ont une présence plus forte d'exploitations de polyculture élevage voire à dominance élevage avec des ateliers de bovins lait (Agreste, 2024). Le Nord et le Pas-de-Calais représentent en effet 83 % du cheptel de truies (33 100 truies) et 63 % de la production de lait (179 700 vaches laitières) de la région Hauts-de-France, reflétant la partie dynamique de l'élevage et la dualité avec la partie sud de la région, orientée grandes cultures.

Atelier porcin	
Exploitations avec un atelier porcin ^(a)	292
Effectif total de truies ^(a)	42 403
Moyenne de truies par exploitations ^(a)	145
Productivité moyenne des truies (porcelets/truie/an) ^(b)	24,7
Indice de consommation (IC) (t aliment/truie/an) ^(b)	1,3
IC économique ^(b)	2, 86
Atelier vaches laitières	
Exploitations avec atelier vaches laitières ^(a)	4 560
Effectif total de vaches laitières ^(a)	307 030
Moyenne de vaches par exploitations ^(a)	67
Production moyenne de lait (l lait/vache/an) ^(c)	7 770

(a) données RGA 2020

(b) données gestion technico-économique (GTE) 2022 sur une moyenne de 42 élevages

(c) données d'Agreste 2023 (Agreste, 2024)

Tableau 1 : Caractéristiques principales des élevages de porcs et vaches laitières dans les Hauts-de-France

La méthanisation agricole est en développement dans la région. 139 unités de méthanisation sont en fonctionnement (au 31 mai 2023) et 15 en construction (A. Etienne, 2023). Les intrants qui y sont traités sont pour 30 % des déchets d'industries agroalimentaires, 24 % des lisiers, fumiers et fientes et 18 % des cultures énergétiques et résidus de cultures, pour un total régional de 1 300 000 t d'intrants. Le digestat qui reste représente en moyenne 81 % du tonnage entrant,

¹ https://draaf.hauts-de-france.agriculture.gouv.fr/IMG/html/fts_ra2020_hauts_de_france.html

qui est épandu sous forme liquide ou solide en fonction du type de méthanisation, en intégralité sur les sols de la région Hauts-de-France (ADEME, 2023).

A l'échelle de la région, les industries agroalimentaires (hors artisanat commercial) sont au nombre de 774, et également majoritairement concentrées dans le Nord et le Pas-de-Calais avec respectivement 40 % et 32 % du total (Agreste, 2024). Dans les 15 plus importants établissements en termes de salariés, figurent l'entreprise Roquette Frères, qui fabrique des produits amylacés, Herta qui prépare des produits à base de viande, Bonduelle qui fait de la transformation et conservation de légumes, Novandie qui produit du lait frais et des produits laitiers ou Mc Cain qui transforme des pommes de terre.

Ces industries produisent des coproduits (annexe 1) qui sont valorisables en alimentation animale, présentés dans le tableau 2 suivant.

Tableau 2 : Etablissements agroalimentaires de la région Hauts-de-France et coproduits associés

Industrie	Coproduits majoritaires
Roquette frère	Solubles de blé Sons de blé Gluten feed de blé Gluten feed de maïs Levures de blé Crème de pois
Herta	Farine et déchets de pain Déchets de pizza
Novandie	Lactosérum Yaourt
Bonduelle ²	Sous-produits végétaux ou de champignons
Mc Cain ³	Purée et pelures de pomme de terre
Brasseries	Levures de bières Drèches
Boulangeries	Coproduits de boulangerie

3.4. Présentation de la coopérative NordAppro

Afin de valoriser les coproduits pour l'alimentation animale, des structures sont en place dans la région, qui servent d'intermédiaire entre les industriels et les agriculteurs. C'est le cas de la coopérative Nord Appro⁴ qui est un partenaire central du cas d'étude du stage, car en tant qu'acteur dynamique dans la gestion des coproduits de la région elle s'intéresse aux enjeux de la valorisation de ressources locales pour l'alimentation animale. La coopérative regroupe 200 adhérents, éleveurs de porcs et/ou de bovins. Son rôle est de se procurer, négocier et distribuer les ressources valorisables en alimentation animale tels que les coproduits d'industries agroalimentaires du territoire. La particularité de la coopérative est de gérer des coproduits liquides, mais elle possède aussi une ligne de gestion de coproduits solides. Pour répondre à la

² <https://www.bonduelle.com/fr/economie-circulaire-comment-notre-entreprise-sy-inscrit/>

³ <https://www.mccain.fr/nos-engagements/respect-de-lenvironnement/zero>

⁴ <https://nordappro.fr/>

demande des éleveurs et compléter l'apport alimentaire des animaux, la coopérative s'est diversifiée dans la vente de minéraux pour bovins et porcins. Dans le Nord et le Pas-de-Calais, 80 % des éleveurs utilisant des co-produits sont adhérents de la coopérative, ce qui lui confère un rôle central dans la gestion des coproduits sur le territoire.

4. Matériels et méthodes

4.1. Étapes de la démarche et périmètre du stage

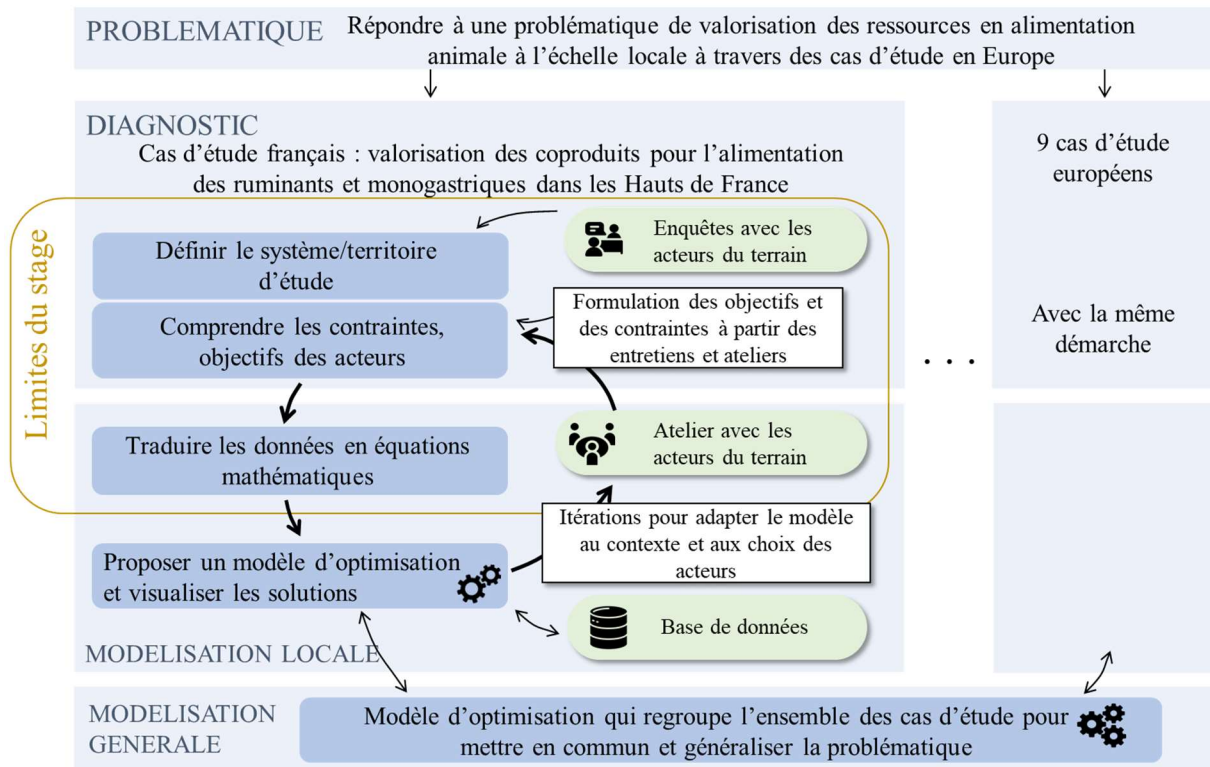


Figure 3 : Place du stage dans le projet

Le stage est intégré dans une démarche complète (figure 3) développée pour répondre à une problématique générale de valorisation des ressources en alimentation animale à l'échelle locale. Les grandes étapes de la démarche, après la définition de la problématique sont le diagnostic à l'échelle d'un territoire et la modélisation à cette même échelle. L'aboutissement est de regrouper l'ensemble des modèles aux échelles locales pour arriver à un modèle généralisé qui puisse répondre à une problématique semblable dans un autre contexte.

Le stage est construit sur le cas d'étude des Hauts-de-France et la problématique appropriée au territoire est celle de la valorisation des coproduits pour l'alimentation des ruminants et des monogastriques pour réduire les dépendances aux matières premières importées et favoriser l'utilisation de ressources locales. Une première étape est celle du diagnostic, qui consiste à déterminer les limites du système (territoire) modélisé et à comprendre les enjeux du territoire, en récupérant des informations qualitatives sur les objectifs et les contraintes des acteurs. La deuxième étape est celle de la modélisation avec une traduction mathématique des acquis puis des étapes de visualisation et modification pour aboutir à un modèle adapté au territoire défini et répondant à la question de départ. L'approche participative suppose la participation d'acteurs du terrain pour discuter, expérimenter et orienter le modèle final selon les dispositifs qui ont déjà été mis en place pour répondre à ces questions.

Dans cette démarche, le stage propose spécifiquement de mettre en œuvre l'étape de diagnostic, et de tester et proposer les approches participatives pertinentes pour la construction d'un modèle d'optimisation adapté aux enjeux des acteurs du territoire. C'est donc un stage plutôt exploratoire, qui s'intègre aux premières étapes d'une démarche, pour expérimenter et proposer des pistes de travail. Les moyens qui sont mis en place sont la possibilité d'effectuer des entretiens et des ateliers avec les acteurs qui auront été identifiés comme personnes ressources pour l'établissement du modèle.

Le stage étant intégré dans une démarche interdisciplinaire, mêlant alimentation animale, systèmes bovins et porcins, enjeux environnementaux, démarches participatives, modélisation, un comité de pilotage (COFIL) a été établi pour le stage et regroupait des scientifiques et ingénieurs sur ces domaines. Six réunions avec les partenaires français et/ou européens ont permis, au cours du stage, de partager la méthodologie choisie et d'orienter les étapes du stage.

4.2. Choix des acteurs enquêtés

Des échanges avec la coopérative (NordAppro) et les instituts techniques (IDELE et IFIP) intégrés au projet ont permis de construire une première vision des acteurs du territoire (figure 4) et de récupérer des contacts associés à chacune des catégories d'acteurs. Les prises de contacts et de rendez-vous ont été faites par mail ou par téléphone, et un fichier récapitulatif avec les coordonnées et les réponses des acteurs a permis d'organiser le tout et notamment de planifier au mieux les entretiens en présentiel pour regrouper les dates et éviter les longues distances.

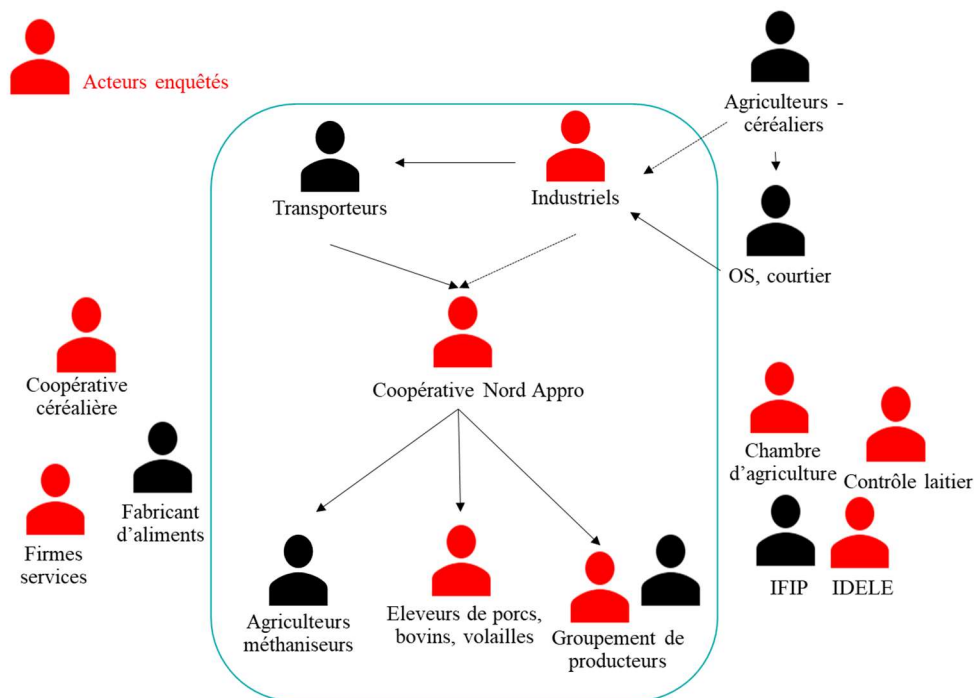


Figure 4 : Réseau d'acteurs du territoire autour de la question de l'alimentation animale

L'intérêt n'était pas d'interroger beaucoup d'individus mais d'avoir un panel d'acteurs représentatifs pour collecter la diversité de points de vue (Kling-Eveillard et al., 2012). Une dizaine d'enquêtes étaient attendues. Finalement, sur 16 personnes contactées, 12 personnes ont répondu favorablement (nommés « enquêtés » ou « acteurs enquêtés » dans la suite du rapport).

7 entretiens ont eu lieu en présentiel, localisés dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, la semaine du 13 au 16 mai 2024 et 5 entretiens ont eu lieu par visioconférence entre le 29 mai et le 29 juin. Ils ont duré entre 45 min et 2h30 en fonction de la disponibilité des enquêtés et leur volonté à communiquer. Les trois premiers entretiens sur le terrain se sont déroulés en présence de Florence Garcia-Launay (tutrice), afin de faciliter les échanges et relancer des questions si besoin.

4.3. Entretiens

La première étape du projet était de définir les limites du territoire qui sera modélisé. Le territoire est défini comme une entité géographique fonctionnelle qui regroupent des acteurs ayant des liens entre eux et gérant des ressources qui viennent de ce territoire ou en sont importées ou exportées. Plus que géographique, le territoire est donc défini comme un système (encadré 2). Il est alors nécessaire de définir les entités qui le composent, en particulier les acteurs et ressources qui interagissent dans ce territoire. Pour cela, la « modélisation d'accompagnement » (M. Etienne et al., 2011) qui propose une démarche de réflexions collectives autour de questions de gestion est retenue et plus particulièrement la méthodologie ARDI qui consiste à définir les Acteurs, Ressources, Dynamiques et Interactions au sein d'un territoire a été mise en place.

L'approche ARDI se construit autour d'une question et permet de regrouper des acteurs diversifiés porteurs de différents enjeux lors d'ateliers collectifs, pour construire des diagrammes et répondre à la question en proposant un outil de gestion. Dans notre cas, la démarche a été adaptée pour plus de facilité puisque les acteurs ont été contactés et rencontrés lors d'entretiens individuels, à la place d'ateliers. De plus, pour une question de temps et d'intérêt pour la démarche, la partie « Dynamique » n'a pas été discutée avec les enquêtés. D'un point de vue pratique, durant les entretiens en présentiel, les diagrammes ont été construits sur un support papier avec des étiquettes dont les intitulés ont été notés au cours de la discussion. Pour les entretiens à distance une présentation Powerpoint vierge a été utilisée et l'écran partagé pour que l'enquêté puisse suivre la construction des diagrammes. L'enquêté répondait pendant l'échange à la question : « comment sont utilisées et gérées les ressources locales à destination de l'alimentation animale » par le biais de deux questions plus précises ; la première pour construire le diagramme des acteurs : « qui gère ces ressources, c'est-à-dire qui les produit, les fournit, les partage, les utilise ? ou qui influence l'utilisation de ces ressources ? » et la seconde pour construire le diagramme des ressources : « quelles sont ces ressources ».

L'avantage d'organiser des entretiens individuels a été de pouvoir discuter lors d'un même échange de la deuxième partie du diagnostic sur les objectifs et les contraintes des acteurs vis-à-vis de l'utilisation de ressources locales pour l'alimentation animale, sans trop solliciter les acteurs.

Cette deuxième partie d'entretien visait à comprendre le lien de l'enquêté avec les ressources et les matières premières locales et ses objectifs et contraintes sur leur utilisation, gestion, production. Cette partie était construite sous forme semi-directive, avec des thèmes à aborder et des questions au maximum ouvertes pour laisser la personne s'exprimer librement.

Avant de finir, il était demandé, en fonction de l'enquêté, si des données quantitatives utiles pour le modèle étaient disponibles (à son échelle), et dans quelles mesures elles étaient accessibles.

Pour résumé, les entretiens étaient divisés en 4 parties présentées dans le tableau 3. En fonction des catégories d'acteurs, des nuances ont été apportées au niveau des guides d'entretiens pour adapter les questions à la catégorie d'acteur associée (annexe 3).

Pour des raisons de gestion de la confidentialité, un formulaire de consentement d'utilisation des données dans le cadre du stage voire du projet a été signé par les enquêtés.

Tableau 3 : Organisation de l'entretien avec les acteurs enquêtés

1	Introduction par l'enquêteur, présentation du sujet et objectif de l'entretien.	
	Présentation de l'enquêté, de la structure et des aliments ou des matières qu'il gère, utilise ou produit	
2	Questionnement sur les objectifs et contraintes de l'enquêté vis-à-vis de l'utilisation de ressources locales pour l'alimentation animale	Déroulé semi directif
3	Construction de diagrammes des acteurs et ressources	Support papier ou power point
4	Récupération des données quantitatives si possible	

4.4. Atelier

Un atelier a été organisé à la suite des entretiens pour mettre en commun et discuter des résultats des entretiens individuels.

Tous les acteurs ont été contactés pour leur proposer de participer à l'atelier. Une date a été fixée en tenant compte des emplois du temps de chacun afin d'avoir le plus de personnes et de catégories d'acteurs (i.e. agriculteur, éleveur, intermédiaire, conseil, industriel, etc.) présentes à l'atelier. L'atelier a réuni 5 participants, une personne de la catégorie « éleveur », une personne de la catégorie « industriel », une personne de la catégorie « conseil » et deux personnes de la catégorie « intermédiaire ».

L'atelier a été organisé sur une matinée, lors d'une séance de 3h30 d'échanges, à la Chambre d'Agriculture d'Arras (56 av. Roger Salengro, 62223 Saint-Laurent-Blangy). Après une mise en route (brise-glace), et un échange sur la problématique qui a été définie pour permettre aux participants de s'en saisir et de la moduler le cas échéant, l'atelier a permis une réflexion sur les diagrammes des acteurs et des ressources, puis sur la compréhension et la formulation des objectifs et contraintes (annexe 4).

Tous les enquêtés n'ont pas pu être présents pour cet atelier, c'est pourquoi un compte-rendu détaillé a été envoyé à l'ensemble des enquêtés, rapportant les réflexions et décisions prises lors de l'atelier.

4.5. Analyse

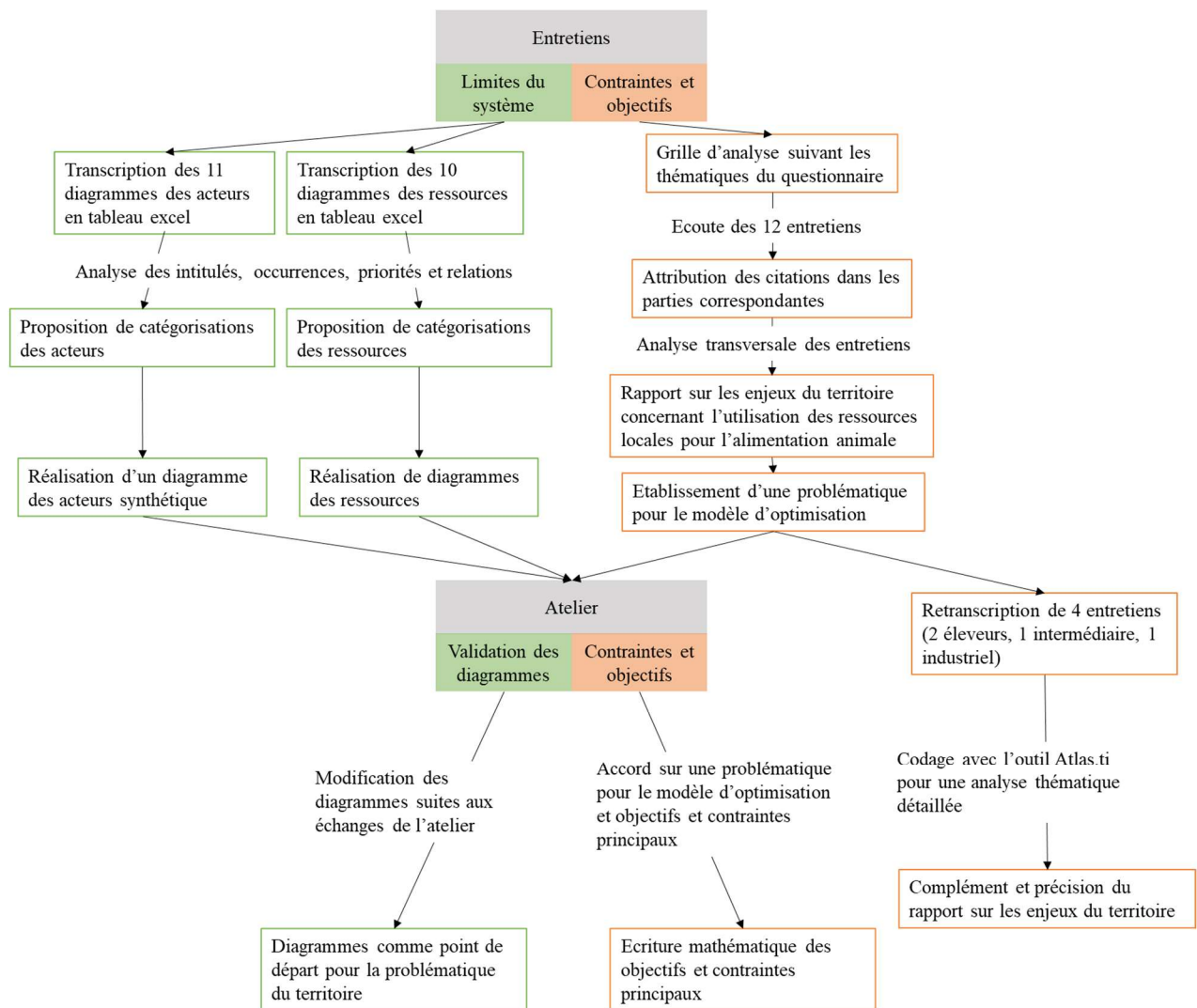


Figure 5 : Etapes d'analyse de la démarche du stage

4.5.1. Analyse pour définir les limites du système

Les entretiens individuels ont permis de construire 11 diagrammes des acteurs et 10 diagrammes des ressources. L'ensemble des intitulés, des catégorisations, des importances et des relations ont été retranscrits dans un tableau excel (annexes 5 et 6), puis analysés pour proposer des diagrammes synthétiques, à présenter lors de l'atelier.

Lors de l'atelier, les choix de catégorisation ont été expliqués et discutés. Des modifications ont été apportées suite aux propositions des participants.

4.5.2. Analyse thématique

Chaque entretien, qu'il soit en distanciel ou en présentiel, a été enregistré. Cet enregistrement a permis une prise de notes moins soutenue pendant l'entretien et a limité la déformation possible des propos lors de l'analyse.

Dans la journée suivant chaque entretien, un rapide compte-rendu de l'entretien a permis de résumer le rôle de la personne enquêtée et de sa structure (exploitation, industrie, etc.) dans le

territoire, ses objectifs, contraintes et variables de décision, la vision de la personne sur les acteurs et ressources du territoire et toutes autres informations importantes. En complément, ont été notés des points de méthodologie de la conduite de l'entretien, à améliorer pour l'entretien suivant. Ce résumé, à chaud, a permis d'avoir une vision globale et de synthétiser l'entretien.

Une analyse thématique a été réalisée en deux temps : une première analyse rapide en vue de préparer l'atelier collectif (sur la totalité des entretiens) et une analyse plus détaillée sur 4 entretiens. L'analyse thématique consiste à analyser des données qualitatives en les codant pour en faire ressortir les idées principales en réponse à une question (Boyatzis, 1998). Pour l'analyse rapide, l'écoute des 12 entretiens a permis de sélectionner les passages qui semblaient pertinents et s'intégrant dans des thématiques générales (objectifs, contraintes, moyens mis en place). Lors de cette analyse, ce sont 307 citations qui ont été extraites. Une analyse transversale entre les entretiens a permis ensuite de répondre à la question : **quels sont les enjeux du territoire autour de l'utilisation des ressources locales pour l'alimentation animale ?** L'analyse thématique faite se voulait inductive, c'est-à-dire que les thématiques venaient du terrain, sans chercher à correspondre à des idées préconçues, contrairement à l'analyse déductive, où les données sont analysées pour qu'elles rentrent dans des catégories prédéfinies (Braun & Clarke, 2006).

Cette analyse a permis de faire émerger une problématique propre aux enjeux du territoire, qui a été proposée et discutée avec les participants de l'atelier et qui pourra servir de fil rouge à l'ensemble de la démarche participative sur ce territoire (figure 3).

La seconde étape d'analyse thématique a été réalisée après l'atelier. La retranscription et l'analyse détaillée a été faite sur 4 entretiens réalisés avec des acteurs directs, et représentant les différentes étapes impliquées dans le processus de valorisation des coproduits. Ainsi ce sont 1 entretien d'industriel, 1 entretien d'intermédiaire et 2 entretiens d'éleveurs qui ont été analysés. Les retranscriptions des 4 entretiens ont été faites, à l'aide de l'outil scribe.cemea. Après avoir corrigé les retranscriptions automatiques, un codage a été fait avec le logiciel Atlas.ti (*ATLAS.ti Web - Scientific Software Development GmbH, 2023*). Le codage consiste à annoter, à partir des retranscriptions, les passages importants en leur attribuant une idée ou « thème ». Une analyse de l'ensemble des codes d'une même idée permet de les regrouper ou de les séparer en thématiques qui répondent à la question (ici, les enjeux de l'utilisation des ressources locales pour l'alimentation animale).

4.6. Traduction mathématique

Certaines des données qualitatives collectées pendant les entretiens et précisées pendant l'atelier renseignent sur les objectifs et les contraintes des acteurs du territoire. L'étape suivante a consisté à traduire ces informations qualitatives en équations mathématiques qui pourront être intégrées au modèle informatique à développer ultérieurement. Ce travail d'élaboration des équations visait à initier une réflexion sur la transition entre information qualitative et modélisation. Il s'agit d'un processus exploratoire permettant de modéliser les principaux objectifs identifiés et de préparer les étapes futures pour affiner le modèle.

4.7. Collecte et utilisation des données

Des données quantitatives sont nécessaires pour le modèle d'optimisation. Tout au long du stage, des acteurs enquêtés mais également des chercheurs ou des personnes ressources ont été

contactés pour définir les données existantes, disponibles, accessibles et en dresser une liste récapitulative permettant d'orienter la suite de la modélisation.

5. Résultats

5.1. Analyse thématique sur la valorisation des ressources locales pour l'alimentation animale

L'analyse transversale des entretiens a permis de mettre en évidence les thématiques qui répondent à notre problématique sur la valorisation des ressources locales. Sont conjointement présentés les résultats de l'analyse « rapide » et de l'analyse détaillée sur 4 entretiens. Dans la suite du rapport, les verbatim sont rapportés en italiques et entre guillemets.

5.1.1. Les coproduits, une opportunité pour l'alimentation animale

Les entretiens ont mis en évidence que les ressources spécifiquement valorisées pour l'alimentation animale dans le territoire sont les coproduits issus des activités de transformation des industries agro-alimentaires présentes sur le territoire. On distingue les coproduits solides (son de céréales, pulpes sèches, etc.) des coproduits liquides (solubles de céréales, lactosérum, etc.), qui ont des spécificités de gestion et d'utilisation différentes. Les coproduits solides peuvent être transportés assez facilement. Ils peuvent donc être utilisés non seulement localement mais aussi en dehors du territoire. Les coproduits liquides, par leur teneur en eau importante, sont coûteux à transporter et à stocker et donc nécessairement utilisés dans un périmètre restreint par rapport au site de production.

Les éleveurs qui utilisent les coproduits pour l'alimentation animale sont confrontés à la variabilité de composition des coproduits : « *avec les lactosérums, on a une variabilité extrême* » et/ou leur disponibilité fluctuante : le « *soluble de blé est un produit à l'approvisionnement compliqué : très fluctuant en termes de volume* » notamment parce que « *si l'industriel a une diminution de production, il y aura forcément une diminution de ce coproduit* » et donc « *c'est l'utilisateur qui s'adapte aux volumes et non l'inverse* ». Ce sont autant de contraintes à prendre en compte dans le choix de l'aliment ou de la ration des animaux.

5.1.2. Utiliser des ressources locales, un enjeu partagé

Un des enjeux mentionné dans plusieurs entretiens est le fait, pour la production, « *d'être plus locale* », dans l'approvisionnement et la fourniture : « *Avoir des flux de livraison le plus proche possible, idéalement on aimerait bien s'arrêter à 100 km* », « *Utiliser des ressources locales* ».

Pour certains industriels, trouver des débouchés localement est une nécessité. En effet, ils ont des obligations environnementales telles que la réduction des émissions de GES de leurs activités. Or, pour les usines qui produisent des coproduits liquides, la déshydratation est un processus grandement utilisé mais remis en question. En effet, c'est une source d'émissions importante pour l'entreprise agro-alimentaire, même si elle permet, à l'échelle du territoire, de transporter un coproduit solide à moindre coûts de GES et économique. L'alternative est de ne pas déshydrater, ce qui implique la production de coproduits liquides, à faible teneur en MS dont il faut trouver un débouché proche car il n'est pas envisageable de les transporter sur de longues distances. L'alimentation animale permet de répondre à ce besoin, lorsque les élevages sont équipés de façon adéquate.

« *Rester local* » est donc un enjeu partagé, pour des raisons économiques et environnementales, qui ne rentre pas en contradiction entre les acteurs du territoire. C'est donc un objectif commun qui permet d'ajuster et de trouver des équilibres, notamment économiques, dans le cadre de stratégies gagnantes-gagnantes.

5.1.3. Des objectifs économiques pour chacun, entre vendre au plus cher et acheter au moins cher

L'enjeu économique de l'alimentation animale a été mentionné systématiquement lors des entretiens. De façon simplifiée, pour les producteurs de ressources (industriels), il s'agit de vendre au meilleur prix alors que pour les acheteurs (éleveurs), il faut acheter à bas prix : « *Capter des produits au prix le plus intéressant possible* », « *j'aime bien prévoir et j'aime bien acheter au bon prix* ». Cette dualité est à mettre en parallèle avec la vision que se font les acteurs des coproduits. L'analyse détaillée des 4 entretiens montre que les coproduits sont considérés différemment selon les enquêtés, ce qui influence le prix d'achat acceptable ou le prix acceptable de vente. Pour certains, ce sont « *des produits qui sont encore nobles* », « *parfois des coproduits qui ont plus de valeur* » que le produit initial. Pour d'autres : « *ce n'est pas les poubelles d'un industriel non plus, mais presque* », et les coproduits peuvent être qualifiés de « *déchets* », ce qui explique un consentement faible à payer cher.

C'est donc le « *meilleur prix* » qui répond aux contraintes des uns et des autres qui est recherché, un compromis. La notion de « *prix d'intérêt* », est ressortie lors de l'analyse détaillée des 4 entretiens, correspondant en fait au « *prix de rentabilité* », c'est-à-dire le prix à partir duquel des bénéfices sont tirés de l'achat du produit. Pour les éleveurs comme les industriels, il est essentiel de connaître ce prix de vente ou d'achat. Ce prix est dépendant des contraintes, des performances et des charges de chacun mais peut aussi être influencé par la manière d'utiliser le coproduit. L'analyse détaillée a montré que parfois les coproduits sont utilisés en substitution d'autres ressources, par exemple la « *crème de pois [...] remplace la moitié du blé et la moitié de soja* ». Ils peuvent aussi être utilisés comme base de l'alimentation : « *en engraissement, on fait un complémentaire avec nos céréales en fonction des coproduits* » avec un prix d'intérêt qui peut alors être plus élevé. Un équilibre entre l'offre et la demande permet de rendre les coproduits attractifs et de tendre vers le prix d'intérêt pour les éleveurs car les industriels ont besoin de débouchés, notamment pour les coproduits liquides qui « *ne peuvent pas être gardés plus de trois jours* » dans les usines de production. D'autant plus que les débouchés peuvent être limités par les contraintes des éleveurs : le respect de cahiers des charges, la nécessité de fournir une alimentation régulière aux animaux, les contraintes techniques de stockage sont autant de facteurs limitant l'utilisation des coproduits par les éleveurs. L'allocation des coproduits est différente en fonction de la nature du coproduit (solide ou liquide) et implique des gestions différentes. Pour les coproduits secs, une contractualisation est possible entre l'industriel et l'intermédiaire (coopérative) et ce sont plutôt les demandes des éleveurs (via l'intermédiaire) qui sont forces motrices. En revanche, pour les coproduits liquides, ce sont les volumes produits par les industriels qui dirigent les échanges, les accords sont plutôt en parts de marché qu'en volumes absolus.

Dans ce paysage industriels-éleveurs, viennent s'ajouter des intermédiaires : coopératives, négoce privés ou fabricants de minéraux et d'aliments. Ils ont eux aussi des objectifs économiques à atteindre. Pour les entreprises privées, la rentabilité économique peut passer par « *du volume ou de la marge* », avec la contrainte de rester compétitif. Pour les coopératives,

l'objectif n'est pas le même puisqu'elles sont formées d'éleveurs adhérents. Leur objectif, concernant les coproduits, est plutôt de « *négozier des achats groupés auprès des industriels pour apporter un prix négocié groupé* ».

5.1.4. La méthanisation, un débouché pour les coproduits en compétition avec l'alimentation animale ?

L'activité de méthanisation présente sur le territoire a été mentionnée par plusieurs acteurs et notamment par les 4 acteurs dont les entretiens ont fait l'objet d'une analyse plus détaillée. Pour un éleveur de bovins qui possède une unité de méthanisation partagée avec d'autres agriculteurs, celle-ci est une opportunité pour valoriser des déchets locaux qui ne peuvent pas être utilisés en alimentation bovine comme « *les déchets de pains* », « *des poudres de lait déclassées* », « *des herbes de betteraves* ». Dans le cas de ces matières premières, il n'y a pas de concurrence entre la méthanisation et l'alimentation des bovins puisque ces derniers ne peuvent pas valoriser ces ressources. Cependant, il y a une concurrence avec l'alimentation des porcs, aussi présents sur le territoire qui auraient la capacité de les valoriser. Le cas échéant, c'est bien une concurrence, puisque « *lorsqu'un flux part en méthanisation, il est perdu pour l'élevage, il y a juste un digestat qui va sur les champs* », idée reprise par un agriculteur possédant un atelier porcin qui précise qu'« *il y a des produits nobles, disponibles pas loin, qui partent en méthaniseur* ».

A l'échelle du territoire, actuellement, l'orientation des flux des MP utilisables en alimentation animale vers la méthanisation se fait dans plusieurs cas de figure, par différents décideurs. Le premier cas est celui des industriels qui font un choix de priorité de vente. En effet, pour certains, une hiérarchie est clairement formulée avec priorité à l'alimentation humaine puis l'alimentation animale dont le pet food puis la méthanisation. Le second cas correspond à l'intérêt économique qui prime et la possibilité d'avoir des débouchés : « *Si l'élevage n'est pas là, [un] autre levier c'est la méthanisation, il y aura une vraie compétition à terme* ». Cette dynamique de compétition semble exister en particulier pour les pulpes surpressées. En effet, pour répondre à des objectifs environnementaux, les sucreries déshydratent moins, or l'élevage bovin ne permet pas de bien valoriser les coproduits liquides, donc les sucreries se tournent entièrement vers la méthanisation pour la valorisation de leurs coproduits non déshydratés. Le choix de l'orientation des flux vers des unités de méthanisation peut aussi venir des intermédiaires. Ils peuvent gérer des volumes pour répondre aux besoins d'un industriel « *d'évacuer un produit [...] qui ne rentre pas dans le cadre de l'alimentation* » dont ils redistribueront le tout ou une partie à des unités de méthanisation afin de continuer à gérer des volumes suffisants pour négocier un prix plus faible pour les éleveurs adhérents. Enfin, le choix d'orientation peut se faire à l'échelle de l'éleveur s'il possède une unité de méthanisation à la ferme. Il va pouvoir choisir la valorisation des ressources en fonction de ces propres objectifs. Dans l'ensemble des cas, ce sont des compromis qui sont faits pour satisfaire au mieux les objectifs économiques et environnementaux des structures.

Des déséquilibres économiques peuvent résulter de la compétition entre les différents usages possibles des coproduits. Par exemple, pour certaines matières premières, la méthanisation « *est un consommateur qui fait augmenter le prix des matières premières. Parce qu'ils ont des capacités de stockage énormes. Donc ils peuvent désencombrer une usine rapidement* ».

Malgré tout, la plupart des matières premières utilisées en méthanisation n'entrent pas en compétition avec l'alimentation animale puisqu'il s'agit de ressources qui ne peuvent pas être

valorisées en alimentation animale, qui peuvent être des eaux de lavages, des tontes, des coproduits provenant de lignes de production avec un danger sanitaire, etc. De plus, les effluents d'élevage qui peuvent constituer, dans certains cas, 80 à 100% des apports des méthaniseurs sont une source de gisement presque gratuite et disponible et donc plus attrayant que les coproduits pour les méthaniseurs.

5.1.5. Une volonté d'indépendance et d'autonomie des éleveurs pour l'alimentation animale

Plusieurs acteurs ont mentionné l'indépendance des éleveurs comme « *un atout* » du territoire, ne pas être contraint et pouvoir faire ces propres choix en particulier en matière d'alimentation animale. « *Être plus autonome* » et autoconsommer ses productions est recherché par certains éleveurs. C'est un fonctionnement qui leur permet de réduire des flux qui peuvent être coûteux, notamment pour des petites quantités, pour « *un seul camion, en aliment ou en coproduit, même s'il était gratuit on ferait mieux de ne pas le prendre* ». Aussi, de nombreux éleveurs de la région, principalement de porcs, sont dans une démarche de fabrication d'aliments à la ferme (faf). Ils sont accompagnés par une association du territoire qui estime qu'environ 60 % des éleveurs de porcs sont fafeurs. Dans ce cas, certains évoquent « *40 % de matières premières qui sont autoproduits (blé, orge, maïs)* ».

Au contraire, les industriels voient un intérêt à ce que les éleveurs augmentent leurs cultures de vente à destination de leurs usines, au détriment des cultures pour l'alimentation animale, pour que les industriels augmentent la part de ressources locales dans leurs usines et revendent les coproduits aux éleveurs.

D'après les acteurs enquêtés, les éleveurs préfèrent limiter leurs ventes aux industriels pour moins subir les fluctuations des marchés : « *ceux qui subissent le moins [la montée du prix du blé] c'est ceux qui n'achètent pas* » et « *des fois on vend moins cher le produit pur que ce qu'on achète en sous-produit* ». De plus, les éleveurs mentionnent des valeurs nutritionnelles moindres et plus variables des coproduits par rapport aux céréales et aux fourrages. Les variations de disponibilités des coproduits sont également un frein pour des éleveurs qui veulent « *avoir assez de volume, de ne pas manquer d'aliments* ».

5.2. Problématisation des enjeux du territoire

Cette analyse thématique a permis de mettre en avant la place centrale des coproduits parmi les ressources du territoire. L'utilisation des coproduits est dépendante des objectifs économiques des différents acteurs, auxquels viennent s'ajouter des contraintes et des objectifs environnementaux ou de relocalisation des activités. Les objectifs sont parfois en contradiction entre eux et c'est ce qui amène à réfléchir aux compromis possibles et donc à formuler un problème d'optimisation multicritère. A la suite de cette analyse, la problématique du territoire qui a été identifiée et proposée aux participants de l'atelier est « **Quel équilibre entre les différents usages des coproduits locaux pour atteindre le meilleur bilan économique et environnemental des exploitations et du territoire ?** ».

5.3. Limites du système pour le problème d'optimisation

Mettre en place un modèle d'optimisation nécessite d'avoir délimité les limites du système considéré, les variables, les données à intégrer. C'est ce qui a pu être fait avec la construction des diagrammes des acteurs et des ressources lors des entretiens.

5.3.1. Diagramme des acteurs

5.3.1.1. Analyse suite aux entretiens

Les acteurs qui ont été cités lors la construction des diagrammes pendant les entretiens étaient définis en deux catégories : les acteurs directs, c'est-à-dire ceux qui ont une relation directe avec les ressources et les acteurs indirects qui vont influencer les acteurs directs dans le choix des ressources.

Au total, 62 intitulés d'acteurs différents ont été cités pendant les entretiens. Une première analyse des intitulés des acteurs et des relations entre acteurs a permis de créer des catégories d'acteurs. En effet, le niveau de détail obtenu n'était pas équivalent entre tous les diagrammes. Par exemple, pour les acteurs qui fournissent les coproduits présents sur le territoire, certains ont cité les « industriels » quand d'autres ont mentionné le processus de production comme « amidonnerie », « biscuiterie », etc., ou d'autres ont cité directement le nom de l'usine présente telle que « Tereos », « Mc Cain ». Le choix a été fait de regrouper les acteurs au sein de catégories afin de pouvoir analyser leur occurrence et déterminer l'importance des acteurs pour les enquêtés. Dans l'exemple précédent, la catégorie « industriels » a été retenue (annexe 7).

Finalement, 24 catégories ont été faites et les occurrences de citation dans les 11 diagrammes sont reportées sur la figure 6.

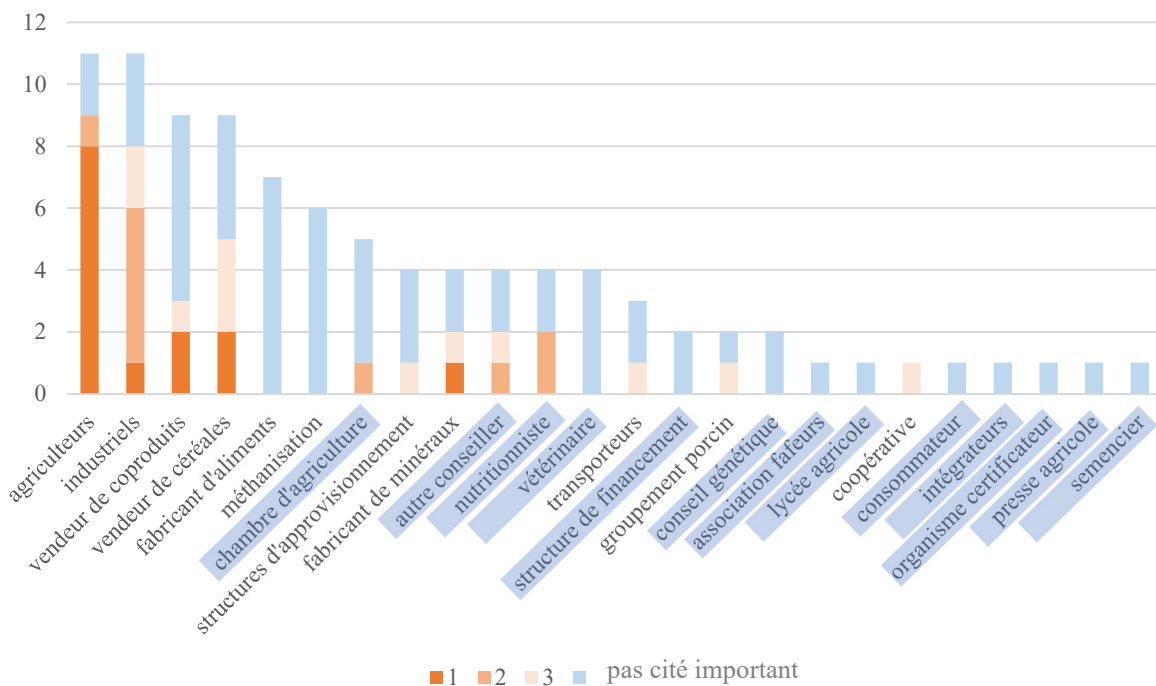


Figure 6 : Occurrences de citation des catégories d'acteurs lors des entretiens et niveau d'importance attribué

Chaque acteur enquêté a proposé et hiérarchisé les 3 acteurs qui lui semblaient les plus importants sur le territoire en expliquant pourquoi ils étaient importants (dégradé orange sur la figure 6). Parmi les 11 personnes enquêtées, 2 n'ont pas voulu les hiérarchiser. Dans ce cas, tous les acteurs mentionnés ont été qualifiés en importance n°1 lors de l'analyse. Trois

personnes enquêtées ont cité des ensembles d'acteurs. Aussi, plus de 11 acteurs peuvent apparaître comme de première, deuxième ou troisième importance.

Les « agriculteurs » sont la catégorie la plus importante pour les acteurs enquêtés. Ils le justifient car ils sont à la fois les utilisateurs des ressources locales et également des producteurs. Un acteur a précisé que pour lui c'est la « *polyculture élevage* » qui fait l'importance et la valeur ajoutée des agriculteurs de la région. La personne qui place les agriculteurs en deuxième position place en première position les industriels.

Les « industriels » sont la deuxième catégorie majoritairement citée comme importante (somme cumulée 1+2+3). Un enquêté la place en première position, 5 en deuxième et 2 en troisième. Majoritairement, ce sont tous les industriels qui sont cités importants en tant que « *producteurs de matières premières* », « *fournisseurs de coproduits* », apportant un « *atout économique pour le territoire* », voire pour un enquêté, ce sont eux qui « *décident des règles (prix, volume, allocation)* ».

Les « vendeurs de céréales » et les « vendeurs de coproduits » viennent ensuite. Ils sont importants pour certains enquêtés car ils « *utilisent les ressources* » des industriels, avec des « *tonnages significatifs* » et « *fournissent des aliments* » aux éleveurs en « *négoçant les prix* », en « *facilitant le transport* » en tant qu'intermédiaires.

Les « *fabricants de minéraux* » font de la formulation, et peuvent avoir un rôle important pour les fafeurs (éleveurs de porcs fabricant les aliments à la ferme). Les « nutritionnistes » proposent un « *service et un savoir-faire* » pour améliorer l'utilisation des ressources pour l'alimentation animale, comme certains « *autres conseillers* ».

Les 4 acteurs les plus cités (agriculteurs, industriels, vendeurs de coproduits, vendeurs de céréales) sont aussi considérés comme étant les plus importants. Les acteurs qui n'ont pas été cités comme importants sont majoritairement des acteurs indirects.

L'objectif étant de construire un diagramme synthétique, le choix de ne représenter que certaines catégories dans le diagramme final a été fait. Compte tenu des occurrences et des échanges, les acteurs cités par la moitié ou plus des enquêtés ont été retenus. Les « *fabricants de minéraux* » bien que cités par seulement 4 acteurs ont été retenus car mentionnés comme importants. Une nouvelle catégorie « *conseil* » a été faite, regroupant « *chambre d'agriculture* », « *autres conseillers* », « *nutritionniste* », « *vétérinaire* », « *conseil génétique* », et représentée sur le diagramme bilan.

Les relations entre catégories d'acteurs ont été analysées, en ne gardant que les catégories retenues pour le diagramme bilan et sont présentées dans le tableau 4.

Les agriculteurs entretiennent des relations avec l'ensemble des catégories et même entre eux puisque « *éleveurs* » et « *céréaliers* » sont regroupés ensemble. Les industriels fournissent aux agriculteurs ou vendent aux fabricants de minéraux, fabricants d'aliments, vendeurs de céréales et vendeurs de coproduits. Les conseillers communiquent avec les industriels et conseillent les agriculteurs. Les relations peuvent être divisées en flux de ressources (pour la vente, l'échange des ressources) ou en flux d'information quand il s'agit de conseils ou de communication.

Tableau 4 : Taux de citation des relations entre les catégories d'acteurs

Les valeurs correspondent au ratio entre le nombre de citations de la relation et le nombre de citations des acteurs impliqués dans la relation, en pourcentage. La relation est orientée. En colonne, ce sont les acteurs receveurs et en ligne les acteurs émetteurs. Pour faciliter la lecture, seules les relations qui ont été citées dans plus d'un quart des entretiens (ou les deux acteurs étaient cités) sont gardées dans le diagramme bilan.

	agriculteurs	industriels	méthanisation	vendeur de coproduits	fabricant d'aliments	vendeur de céréales	fabricant de minéraux	conseil
agriculteurs	27%	45%	33%	44%	29%	44%	0%	0%
industriels	64%	0%	67%	78%	57%	56%	75%	11%
méthanisation	17%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
vendeur de coproduits	78%	22%	50%	11%	0%	0%	0%	11%
fabricant d'aliments	71%	0%	17%	0%	0%	0%	0%	0%
vendeur de céréales	56%	11%	17%	0%	0%	0%	0%	0%
fabricant de minéraux	75%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
conseil	100%	0%	0%	33%	0%	0%	0%	0%

5.3.1.2. Apport de l'atelier dans la construction du diagramme des acteurs

L'atelier a permis de proposer un diagramme bilan des acteurs qui a été discuté, en vue de répondre à la problématique de l'équilibre des usages des coproduits locaux.

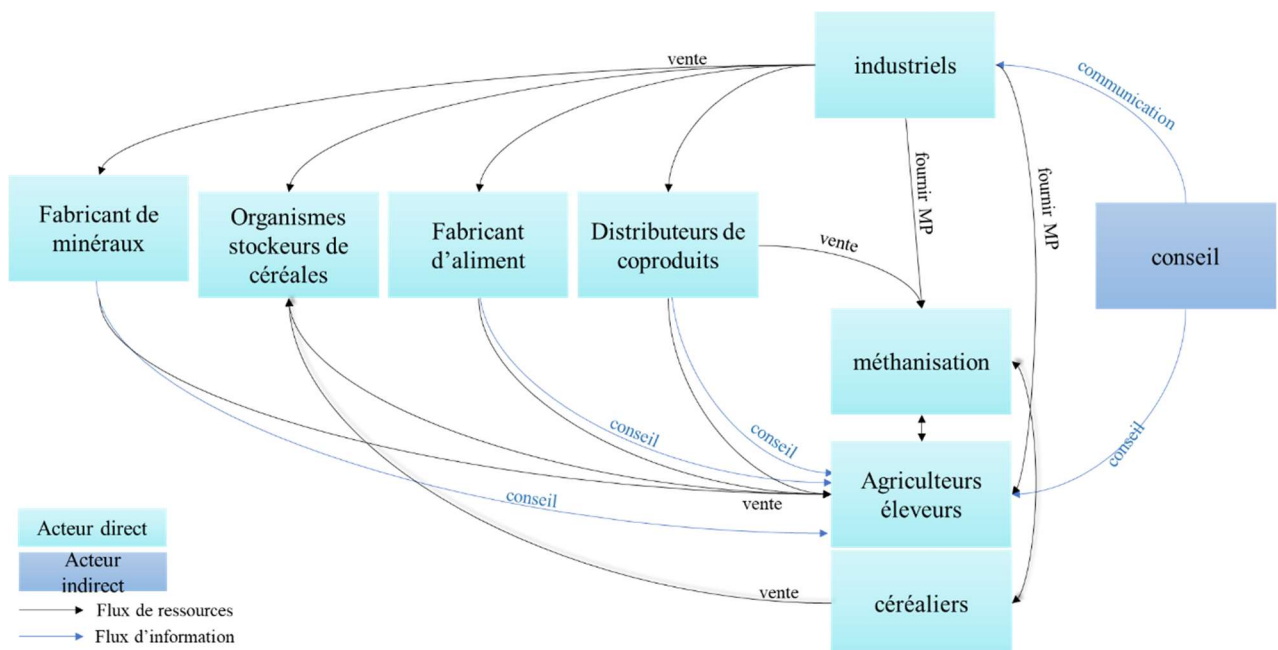


Figure 7 : Diagramme bilan des acteurs du secteur de l'alimentation animale dans le territoire étudié des Hauts-de-France

Le terme « *Vendeur de coproduits* » a été jugé restrictif, car ces structures mettent à disposition des ressources sur le marché avec un important travail de logistique et de redistribution. Les participants ont préféré le terme de « *distributeur* ». De même l'intitulé « *vendeurs de*

céréales » paraît incomplet, puisqu'il s'agit d'acteurs qui font à la fois de la vente et de l'achat. Les participants ont préféré opter pour l'intitulé « *organisme stockeur* ». Les quatre types de vendeurs de ressources et de coproduits ne font pas que de la vente mais également du conseil aux agriculteurs. Les organismes stockeurs conseillent et orientent plutôt la partie céréale donc ce flux d'information n'a pas été intégré au diagramme. Il faut distinguer les éleveurs et les agriculteurs qui font uniquement de la vente de céréales.

Finalement, c'est le diagramme bilan présenté par la figure 7 qui a été validé pendant l'atelier par les participants et qui pourra servir de base de départ pour définir les limites du modèle d'optimisation.

5.3.2. Diagrammes des ressources et occurrence

5.3.2.1. Analyse suite aux entretiens

Dix acteurs ont réalisé le diagramme des ressources. Du fait de la structure et de la spécialisation de certains (bovin et/ou porcin), certains graphiques sont essentiellement tournés vers les ressources pour l'alimentation porcine ou les ressources pour l'alimentation bovine.

73 intitulés de ressources différentes ont été cités avec des degrés de précision variables, allant de « *déchets agroalimentaires* » à « *lysine* » (annexe 8). Dans 9 graphiques sur 10, les ressources citées ont été regroupées en catégories. Les catégories ont été faites selon le choix de l'acteur et ont permis de regrouper les ressources selon :

- le type de matière première – spécifiquement pour les coproduits (liquide, sec) ;
- la destination de la ressource (porcin, bovin, les deux, méthanisation, etc) ;
- la provenance de la ressource (sur le territoire, hors du territoire, achat, de la ferme) ;
- l'apport nutritionnel (énergie, protéines, fibre)

De la même manière que pour les acteurs un choix de regrouper les ressources en catégories a été fait. Ces catégories se basent sur celles proposées par l'AFZ avec l'ajout des catégories « eau », « sol » et « autre », qui n'ont pas pu être affecté à une autre catégorie. Cela correspond finalement à 15 catégories (figure 8).

De la même manière que pour les acteurs, les enquêtés ont pu hiérarchiser les 5 ressources qui leur semblaient les plus importantes (dégradé vert). Toute hiérarchie confondue, ce sont principalement les céréales, les tourteaux, les autres coproduits, les fourrages et les minéraux qui sont jugés importants. La raison majoritaire de l'importance des « céréales » est « *l'apport énergétique* » qu'elles permettent, leur « *volume* » et leur « *intérêt économique* » dans la ration. Les « tourteaux » sont la base de l'alimentation et « *indispensables pour l'apport de protéines* ». Pour les « coproduits » c'est « *la valorisation d'un produit sinon perdu* » et « *l'optimisation du cout alimentaire* » qui sont mis en avant. Les « minéraux » permettent « *d'équilibrer* » la ration.

Certains acteurs ont précisé la destination des ressources (alimentation porcine, bovine, autres). Un acteur a mentionné la méthanisation comme débouché. Avec cette catégorisation, il n'est pas possible de distinguer si l'orientation des ressources est plutôt vers l'alimentation bovine ou porcine. Seul les « huile et corps gras » n'ont été mentionnés que à destination de l'alimentation porcine.

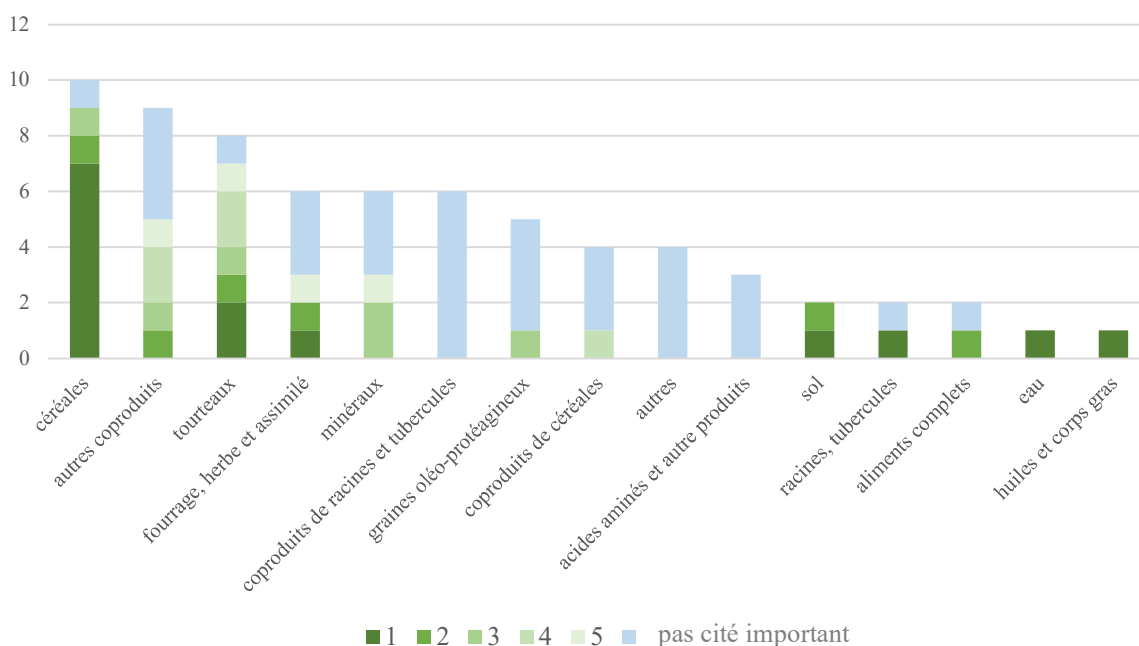


Figure 8 : Occurrence de citation lors de la construction des diagrammes des catégories de ressources et leur niveau d'importance

A la suite des entretiens, il est difficile de déterminer le niveau de détail à conserver pour une représentation des ressources du territoire, qui a été très variable d'un entretien à l'autre. Par exemple, pour les « céréales », 3 acteurs ont effectivement cité les céréales dans leur globalité. Les autres acteurs ont détaillé et défini le blé, l'orge, le maïs, et lorsqu'elles leur semblaient importante, ce sont l'ensemble des céréales qui étaient citées.

5.3.2.2. Apport de l'atelier dans la construction des diagrammes des ressources

Lors de l'atelier, quatre diagrammes ont été proposés, correspondant aux quatre catégorisations de ressources (type, destination, provenance, apport nutritionnel), en reprenant et classifiant toutes les ressources citées. (annexe 9) Pendant l'atelier, en plus des précisions techniques dans l'attribution des ressources dans les différentes catégories, les participants ont proposé pour le diagramme qui catégorise les ressources selon leur provenance, d'ajouter « *importation frontalière* » et « *importation lointaine* » comme catégories de provenance, soulignant qu'il est n'est pas nécessaire de définir des limites strictes et binaires entre ce qui appartient ou pas au territoire.

Les catégories de ressources contribuent à définir les variables de décision du problème d'optimisation, c'est-à-dire les variables qui permettent de répondre à la question posée, celles dont les valeurs sont déterminées à l'issue de la résolution du problème d'optimisation. Par exemple, pour la catégorisation des ressources selon la provenance, les variables de décision associées, sont « *la quantité de ressources autoconsommée sur l'exploitation* », « *la quantité de ressources produite dans la région* », « *la quantité de ressource importée de régions frontalières* », « *la quantité de ressources importée de plus loin* ».

Dans le modèle à construire, il ne sera pas possible de déterminer les variables de décision selon chacune des 4 catégorisations. Aussi, pour connaître les priorités et les envies des acteurs, nous leur avons proposé d'attribuer des points de préférences aux catégories qui ont été discutées. Les participants ont pu choisir la ou les catégories (3 points par participants à répartir sur les 5

catégories comme ils le souhaitent) qui leur semblaient les plus intéressantes à prendre en compte en tant que leviers sur lesquels jouer pour modifier les bilans environnemental et économique.

Les participants ont accordé le plus de points (6) à la classification liquide/solide de coproduits et à la catégorisation selon l'usage des ressources, ensuite 2 points pour la catégorisation selon l'apport nutritionnel et 1 point selon la provenance.

5.4. Des objectifs et contraintes identifiés à leur écriture mathématique

Suite à l'analyse thématique, et comme support à l'atelier, les contraintes et les objectifs des acteurs directs ont été recensés dans le tableau 5 suivant. Ils sont définis pour les différentes catégories présentes sur le diagrammes des acteurs avec une modification en regroupant les « distributeurs de coproduits » et les « organismes stockeurs de céréales » en tant qu' « intermédiaire ».

Tableau 5 : Contraintes et objectifs retenus à la suite des entretiens et de l'atelier pour les principales catégories d'acteurs

Acteurs	Objectif	Contraintes
Industriel	<ul style="list-style-type: none"> → Vendre les coproduits au prix le plus cher → Réduire les émissions de GES de l'entreprise 	<ul style="list-style-type: none"> → Avoir autant de débouchés en coproduits liquides que ce qui est produit → Transport des coproduits liquides limité en distance et en temps
Agriculteur éleveur	<ul style="list-style-type: none"> → Avoir toujours du stock pour l'alimentation des animaux → Avoir un coût de l'alimentation le plus faible possible → Avoir une bonne valeur nutritive des MP produites à la ferme → Avoir des animaux en bonne santé 	<ul style="list-style-type: none"> → Respecter les cahiers des charges sur l'alimentation → Avoir une composition de l'aliment stable → Capacité de stockage dans les exploitations → Surface disponible pour produire des cultures
Fabricant d'aliment	<ul style="list-style-type: none"> → Vendre des aliments en faisant de la marge ou du volume → Utiliser des ressources locales 	<ul style="list-style-type: none"> → Diminution du nombre d'éleveurs → Produire des aliments avec des formules régulières → Contraintes physiques mécaniques des MP
Intermédiaire	<ul style="list-style-type: none"> → Acheter le maximum de volume de coproduits → Avoir des flux de livraison les plus courts → Valoriser la production localement 	<ul style="list-style-type: none"> → Distribuer l'ensemble des coproduits achetés → Garder des contacts et des volumes avec les fournisseurs → Utilisation de taille de camion standardisée
Méthaniseur	<ul style="list-style-type: none"> → Acheter le maximum de volume de coproduits au moins cher 	<ul style="list-style-type: none"> → Avoir une ration équilibrée pour le méthaniseur → Avoir des ressources méthanogènes

La problématique retenue à l'issue de l'atelier est : « **Quels équilibres entre les différents usages des coproduits locaux utilisables en alimentation animale pour atteindre le meilleur bilan économique et environnemental des exploitations et du territoire ?** ».

Les objectifs sont donc principalement d'ordres économique et environnemental, à visualiser aux échelles des exploitations et du territoire. Afin de faciliter l'écriture, les échelles des aliments, des industriels et des intermédiaires ont été ajoutées. Pour simplifier, dans le cadre du stage, les objectifs et contraintes des fabricants d'aliments n'ont pas été traduits. Ils ont un rôle intermédiaire avec une production d'aliments complets qui sont déjà formulés, qui entrent en substitution des aliments fabriqués à la ferme qui sont au cœur du sujet.

Indices

Soit $i \in I$, les ressources pour l'alimentation animale.

Soit $j \in J$, les types d'aliments, avec

$J = \{\text{"porc croissance"}, \text{"porc engraissement"}, \text{"VL40"}, \text{etc.}\}$.

Soit $k \in K$, les exploitations du territoire.

Soit $c \in C$, les structures intermédiaires qui gèrent des ressources pour l'alimentation animale.

Soit $l \in L$, les industriels qui fournissent des ressources pour l'alimentation animale dans le territoire.

Ensembles

Soit J_k , l'ensemble des aliments disponibles dans l'exploitation k .

Soit I_k , l'ensemble des ressources produites dans l'exploitation k .

Soit I_c , l'ensemble des ressources distribuées par l'intermédiaire c .

Soit I_l , l'ensemble des ressources fournies par l'industriel l .

Soit I_{co} , l'ensemble des coproduits, $I_{co} \in I$.

Soit $I_{co_liquide}$, l'ensemble des coproduits liquide, $I_{co_liquide} \in I_{co}$.

Soit I_{co_solide} , l'ensemble des coproduits solide, $I_{co_solide} \in I_{co}$.

5.4.1. Objectifs économiques des éleveurs et des industriels

Les équations mathématiques permettent de traduire les objectifs économiques des éleveurs et des industriels.

Hypothèse simplificatrice : On suppose que le coût de l'alimentation inclut seulement le coût des ressources qui sont achetées et leur transport. On suppose que les ressources autoconsommées sur l'exploitation ne coutent rien à l'éleveur. On suppose que la marge des intermédiaires est prise en compte dans le coût du transport.

Soit P_l le revenu que l'industriel l tire de la vente des ressources pour l'alimentation animale :

$$P_l = \sum_{i \in I_l} q_i^l \times p_i^l$$

Soit P_k le cout de l'alimentation pour l'exploitation k :

$$P_k = \sum_{j \in J_k} \sum_{i \in I_c} (q_{ik}^j \times (p_i^l + p(\text{transp})_i^{lk}))$$

Avec :

q_{ik}^j la quantité de la ressource i utilisée dans l'aliment j pour l'exploitation k ,

q_i^l la quantité de la ressource i fournie par l'industriel l pendant 1 an,
 p_i^l le prix de vente de la ressource i vendu par l'industriel l ,
 $p(trans)_i^{lk}$ le prix du transport moyen de la ressource i de l'usine l à l'exploitation k .

Pour les industriels, un des objectifs est de **maximiser le revenu P_l** et pour les éleveurs, un des objectifs est de **minimiser le cout de l'alimentation P_k** .

5.4.2. Objectifs environnementaux à différentes échelles

Ces écritures mathématiques permettent de traduire les objectifs environnementaux aux échelles des exploitations et du territoire, à travers les émissions de GES liées à l'alimentation animale, élément qui est le plus ressorti en parlant d'environnement lors de l'atelier.

Soit GES_l les GES liées à la production des ressources pour l'alimentation animale de l'exploitation l .

$$GES_l = \sum_{i \in I_l} q_i^l \times ges(sortie_usine)_i$$

Soit GES_c les émissions de GES liées au transport des ressources gérées par l'intermédiaire c sur un an.

$$GES_c = \sum_{i \in I_c} q_i^c \times (ges(transp)_i^c)$$

Soit GES_{jk} les émissions de GES liées à la production de l'aliment j pour l'exploitation k .

$$GES_{jk} = \sum_{i \in I_k} q_{i_k}^j \times ges(sortie_champ)_i + \sum_{i \in I_c} q_{i_k}^j \times (ges(sortie_usine)_i + ges(transp)_i^{lk})$$

Soit GES_k les émissions de GES liées à l'utilisation des ressources pour l'alimentation des animaux de l'exploitation k , sur un an.

$$GES_k = \sum_{j \in J_k} GES_{jk}$$

Soit GES_T les émissions de GES liées à l'alimentation animale à l'échelle du territoire.

$$GES_T = \sum_{j \in J_k} GES_k$$

Avec : q_i^l la quantité de la ressource i fournie par l'industriel l pendant 1 an,
 q_i^c la quantité de la ressource i distribuée par l'intermédiaire c pendant 1 an,
 $ges(transp)_i^c$ les émissions de GES moyennes pendant 1 an liées au transport de la ressource i , gérée par l'intermédiaire c ,
 $ges(sortie_usine)_i$ les émissions de GES moyennes sur 1 an pour la production de la ressource i , en sortie des usines,
 $ges(sortie_champ)_i$ les émissions de GES moyennes sur 1 an pour la production de la ressource i , en sortie de champ (considérée identique quelle que soit l'exploitation k considérée),

$ges(transp)_i^{lk}$ les émissions de GES moyennes du transport de la ressource i entre l'usine de l'industriel l et l'exploitation k.

Pour les industriels, un des objectifs est de **minimiser GES_l** et à l'échelle du territoire, un objectif est de **minimiser GES_T** .

5.4.3. Contraintes nutritionnelles des aliments

Une fois que les objectifs principaux sont établis, on peut réfléchir aux contraintes qui interviennent. Comme pour un problème de formulation d'aliment, il y a des contraintes d'incorporation des ressources et des contraintes nutritionnelles pour répondre aux besoins des animaux.

Pour répondre aux besoins nutritionnels d'un animal, à l'échelle de l'aliment, on peut définir :

$$\text{Pour } n \in N, nmin_j \leq \sum_{i \in I_j} a_{ni} \times q_i \leq nmax_j$$

avec $n \in N$, l'ensemble des nutriments et a_{ni} la proportion du nutriment n dans la ressource i, $nmin_j$ (resp. $nmax_j$) la valeur minimale (resp. maximale) acceptée du nutriment n pour l'aliment j dans son ensemble.

Pour répondre aux contraintes d'incorporation de certaines matières premières dans les aliments, on peut définir :

$$\text{Pour } \gamma \in \Gamma, \gamma min_i \leq q_i \leq \gamma max_i$$

avec $\gamma \in \Gamma$, les contraintes des ressources dans les aliments, spécifiquement γmin_i (resp. γmax_i) la valeur minimale (resp. maximale) acceptée d'incorporation de la ressource i.

5.4.4. Contraintes sur l'allocation et les distances parcourues des ressources produites par les industriels

Une idée importante qui est ressortie des discussions avec les acteurs est la contrainte pour les industriels de faire sortir les coproduits des usines, l'ensemble des coproduits doivent être utilisés par les différents débouchés.

Hypothèse simplificatrice : On suppose que l'ensemble des ressources produites par les industriels doit être distribué dans les exploitations pour l'alimentation animale ou dans les unités de méthanisation, on néglige les autres usages (alimentation humaine pour certains coproduits, pet food). Les coproduits liquides qui ne peuvent pas faire beaucoup de distance, ont des débouchés sur le territoire, les coproduits solides peuvent être transportés hors du territoire. Il faut donc différencier les coproduits liquides des coproduits solides.

La contrainte d'allocation peut donc s'écrire :

$$\begin{aligned} \forall i \in I_{co_solide} \quad q_i^m + \sum_{k \in K} \sum_{j \in J_k} q_{ik}^j &\leq q_i^l \\ \forall i \in I_{co_liquide} \quad q_i^m + \sum_{k \in K} \sum_{j \in J_k} q_{ik}^j &= q_i^l \end{aligned}$$

Avec $m \in M$, les unités de méthanisation du territoire,

q_i^m la quantité de la ressource i utilisée dans en méthanisation sur le territoire.

Concernant les distances que parcourent les ressources entre les industries et les exploitations ou unités de méthanisation, elles peuvent être plafonnées selon la ressource et particulièrement s'il s'agit d'un coproduit liquide.

$$\text{Pour } i \in I_{co}, d_i \leq \max_distance_i$$

Avec d_i la distance parcourue pour la ressource i .

5.4.5. Proposition de variables de décision

Afin de visualiser les résultats, des variables de décisions sont à définir. Dans le cadre d'une démarche participative, ces variables de décisions sont dépendantes des choix des acteurs, des leviers sur lesquels ils veulent jouer.

A l'échelle de l'exploitation, l'atelier a mis en évidence l'importance pour les participants de définir le taux d'incorporation des coproduits dans l'alimentation animale, qu'on peut noter, pour une exploitation k , TC_k tel que :

$$TC_k = \sum_{j \in J_k} \frac{\sum_{i \in I_{co}} q_{ik}^j}{\sum_{i \in I} q_{ik}^j}$$

Il est possible de préciser en définissant les taux de coproduits solides (TC_solide_k) et liquides ($TC_liquide_k$), tel que :

$$TC_solide_k = \sum_{j \in J_k} \frac{\sum_{i \in I_{co_solide}} q_{ik}^j}{\sum_{i \in I} q_{ik}^j} ; \quad TC_liquide_k = \sum_{j \in J_k} \frac{\sum_{i \in I_{co_liquide}} q_{ik}^j}{\sum_{i \in I} q_{ik}^j}$$

Toujours à l'échelle de l'exploitation, une autre idée qui est ressortie des échanges est celle de l'autonomie des élevages. En faisant une hypothèse que toutes les ressources qui sont achetées par une exploitation passent par un intermédiaire, on peut définir A_k le taux d'autoconsommation de l'exploitation k , tel que :

$$A_k = \sum_{j \in J_k} \frac{\sum_{i \in I_k} q_{ik}^j}{\sum_{i \in I_k} q_{ik}^j + \sum_{i \in I_c} q_{ik}^j}$$

A l'échelle du territoire, et à destination des industriels qui cherchent des débouchés à leur coproduits, il peut être intéressant de visualiser le nombre d'exploitation en capacité d'utiliser des coproduits. Avec KC le taux d'exploitations qui utilisent des coproduits. C'est le nombre d'exploitations dont la quantité, pour au moins une des ressources qui est un coproduit, est différent de 0, sur le nombre total d'exploitations du territoire (n_k) :

$$KC = \frac{\sum_{k, \sum_{i \in I_{co}} q_i^k \neq 0} 1}{n_k}$$

Les unités des variables de décision dépendent des choix de visualisation des acteurs qui participent à la démarche. Il est essentiel de poser des unités pour chacune des variables du modèle, mais en fonction des ordres de grandeurs qu'ils ont en tête et de l'orientation qu'ils veulent que les solutions prennent, ces composantes et leur unité peuvent être ajustées (annexe 10).

5.5. Les données pour le modèle d'optimisation

Le modèle d'optimisation nécessite des données, et la discussion sur les données disponibles lors de l'entretien a permis d'en faire un premier état des lieux (annexe 11).

Les données des Feedtable⁵ offrent une bonne base pour renseigner les valeurs nutritionnelles des ressources du territoire. La liste des MP n'est pas exhaustive, et selon les ressources présentes sur le territoire, il peut être nécessaire de la compléter avec les connaissances spécifiques des industries sur leurs coproduits. Pour les données environnementales, les bases de données ECOALIM (Wilfart et al., 2016) sont également une référence utile. Elles reposent sur des ACV pour établir les impacts environnementaux des ressources destinées à l'alimentation animale. Ces bases de données proposent plusieurs périmètres pour évaluer des impacts, tels que la sortie des usines, des fermes ou au rendu port, permettant ainsi de prendre en compte les spécificités du territoire. Pour un problème multi-objectif, ces deux tables de données sont à mettre en adéquation, pour faire correspondre les MP de l'une avec celles de l'autre.

Pour prendre en compte les objectifs économiques, des prix de matières premières sont nécessaires. Ils peuvent être disponibles dans les notes de conjonctures des instituts techniques, ou à partir du cours des marchés premières. Ce sont alors des données moyennes nationales, généralement définies tous les mois.

Concernant les performances zootechniques, des données peuvent être disponibles, pour les ateliers porcins à l'échelle des exploitations à travers les données GTTT et GTE. Tous les élevages ne suivent pas ces données de gestion. Les agriculteurs sont propriétaires de leurs données, elles peuvent être accessibles, dans la région des Hauts-de-France, auprès de la chambre d'agriculture après consentement des éleveurs. Des données moyennes à l'échelle de la région sont disponibles tous les ans, diffusées par les chambres d'agriculture. Pour les bovins, le réseau INOSYS⁶ propose des données technico-économiques moyenne de cas type de la région. Des études locales et ponctuelles peuvent compléter les données, comme celle réalisée par le CRIEL sur l'évolution des besoins en pulpes surpressées (Production animale, 2023).

Pour paramétrer le modèle d'optimisation il est nécessaire de connaître les effectifs d'animaux et les volumes de matières premières disponibles sur le territoire. Ces données s'apparentent à un métabolisme des ressources pour l'alimentation animale. L'outil SIBOAT⁷, qui fait des estimations, à l'échelle de territoires géographiques administratifs, des effectifs animaux et des biomasses agricoles à partir des recensements agricoles peut servir de base à l'estimation des cheptels et des résidus de culture. Spécifiquement pour les coproduits du territoire, des données de volumes distribués peuvent être obtenus auprès de distributeurs de coproduits.

⁵ <https://feedtables.com/fr>

⁶ <https://portail.inosys-reseaux-elevage.fr/FR/CasTypes/MesCriteres.awp>

⁷ https://siddt.inrae.fr/module_statistiques/projet_boat_public/

6. Discussion

Les six mois de stage ont permis de proposer des réponses à la question des apports d'une démarche participative en vue d'optimiser l'utilisation des ressources locales pour l'alimentation animale, à travers un cas d'étude dans les Hauts-de-France.

Des enseignements ont pu être tirés, à la fois sur ce qui est en place sur le territoire mais aussi sur la démarche à privilégier en fonction du contexte et des attentes pour une mise en place dans d'autres cas d'étude. La démarche est assez dépendante du contexte, et la discussion qui suit fait intentionnellement le lien entre la démarche et l'exemple du cas d'étude.

6.1. Délimiter le système d'étude

6.1.1. Délimiter le territoire, dans quel système se base le modèle ?

Pour définir les limites du système et du cas d'étude, nous avons choisi de nous baser sur la modélisation d'accompagnement ARDI (M. Etienne, 2010). Celle-ci est habituellement mise en œuvre par une série d'ateliers collectifs pour construire d'abord 3 diagrammes (des acteurs, des ressources et des dynamiques) puis un atelier pour construire le diagramme des interactions qui met en parallèle les 3 premiers diagrammes. Pour des raisons de temps et de distance de trajet entre le lieu du stage et le territoire étudié, nous avons adapté la démarche. Premièrement, seuls les diagrammes des acteurs et des ressources ont été effectués. La construction des diagrammes des acteurs n'a pas intégré la définition des « entités de gestions », qui auraient pu être intéressantes notamment pour visualiser les leviers qu'ont les différents acteurs pour gérer les ressources, qui peuvent s'approcher des variables de décision du modèle d'optimisation. Les diagrammes des acteurs réalisés par les enquêtés ne sont pas exhaustifs, mais au contraire volontairement synthétiques. La consigne qui a été formulée est bien de savoir quels sont les acteurs qu'il leur semblait important de représenter, de même le choix du niveau de détail a été laissé à la personne enquêtée. Les diagrammes étant réalisés après une discussion (semi-directive) des objectifs et contraintes en alimentation animale, certains acteurs avaient déjà été mentionnés dans la partie précédente. Pour certains entretiens, il y a des différences entre le diagramme qui aurait découlé de l'analyse de la discussion et le diagramme proposé par la personne interrogée lors de la partie dédiée. Lorsqu'un acteur est représenté sur le diagramme sans avoir été mentionné plus tôt dans la discussion, cela peut être expliqué par le fait qu'il n'y avait pas de question spécifique ayant pour but de lister les acteurs de la filière pendant l'entretien semi-directif. Quand un acteur avait été mentionné pendant la discussion mais n'a pas été inscrit dans le diagramme, il peut s'agir soit d'un choix de l'enquêté car ce n'est pas un acteur jouant un rôle significatif dans la filière, soit d'un oubli, car l'ensemble de l'entretien est assez long. Parfois des noms d'entreprises ont été cités lors de l'entretien mais l'enquêté a privilégié des catégories d'acteurs selon leur fonction pour le diagramme. Cette étape spécifique de construction du diagramme des acteurs permet donc de bien synthétiser et apporte une vision plus complète que ce qui aurait pu être fait uniquement suite à une analyse des discussions.

Les diagrammes des ressources, par l'orientation de la question posée (Quelles sont les ressources mobilisées par les acteurs dans le cadre de l'alimentation animale ?) sont focalisés sur les matières premières utilisées en alimentation animale dans le territoire mais sans que ces ressources proviennent toutes du territoire. Une catégorisation par les personnes enquêtées a souvent permis de préciser la provenance. Le diagramme des dynamiques n'a pas été construit, par choix, en raison du manque de temps. Il permet normalement de discuter des processus qui

sont déterminants dans la modification du système représenté. Des notions de temporalités sont donc apportées, qui peuvent déboucher sur l'énoncé des enjeux du territoire, qui peuvent être retrouvés dans la partie « objectifs et contraintes ».

La particularité de l'utilisation de la méthodologie dans notre cas d'étude est qu'elle a pour but de préciser les limites du système alors qu'un postulat est que « le territoire concerné doit être clairement défini » (Étienne, 2010). Finalement, même si on s'éloigne du cadre méthodologique, l'objectif reste de faire un diagnostic et de visualiser le réseau d'acteurs et les ressources qui sont utilisées.

6.1.2. D'autres possibilités pour définir les limites du système

Les acteurs mentionnés lors de la construction des diagrammes peuvent servir de base pour préciser les personnes à intégrer dans la suite de la démarche participative. La discussion de la problématique lors de l'atelier a permis de définir davantage les limites et les niveaux d'application du modèle. Pour les ressources, il est plus difficile de déterminer une frontière nette, savoir quelles ressources intégrer au modèle et quelles ressources exclure, étant donné que des échanges constants de ressources et d'information ont lieu à différentes échelles. La problématique qui a été discutée et retenue lors de l'atelier propose deux échelles de travail, celle « des exploitations » et celle « du territoire ». Cependant, les exploitations à intégrer et la limite du territoire n'ont pas été clairement définis. Le territoire est un concept qui peut être compliqué à définir et donc entraîner des difficultés de délimitation. Dans certaines définitions du territoire, il y a une notion de dynamique et de changement (Moine, 2006), ce qui implique que les frontières ne sont pas fixes ni contraintes. Un participant de l'atelier a d'ailleurs mentionné cette idée de « dynamiques », à prendre en compte dans le modèle.

Les limites du modèle vont conditionner les données qui doivent être récoltées. Inversement, il est possible de délimiter le système selon les données qui sont disponibles, et selon les acteurs qui sont impliqués. Une première option est de délimiter le territoire en prenant une zone administrative, comme une communauté de communes. Les données peuvent être accessibles auprès de structures administratives comme les chambres d'agriculture et déjà moyennées à partir des données de recensements. Cependant, cette limitation peut aboutir à des aberrations, comme une parcelle agricole sans siège administratif (qui se retrouve dans la commune voisine), et ne convient pas à une réflexion autour d'un système opérationnel. Comme le stage se base sur un cas d'étude, des données sur les volumes distribués, sur les ressources gérées, sur les entreprises partenaires et sur les performances des adhérents peuvent être accessibles via la coopérative NordAppro qui est un acteur partenaire. Aussi, il peut être judicieux de limiter le système au rayon d'action de la coopérative, c'est-à-dire se limiter aux exploitations adhérentes de la coopérative, et l'ensemble des structures qui leur sont affiliées. Cependant, cela intègre par exemple des industriels qui ont des volumes de production en plus de ceux vendus à la coopérative, et donc ces autres débouchés ne sont pas pris en compte. De plus, la coopérative se fournit au-delà des frontières administratives des Hauts-de-France, parfois en Belgique et donc cela élargit le système considéré à l'international. Enfin, cela contraint le modèle à des exploitations qui utilisent actuellement des coproduits et ne permet pas d'explorer la potentialité d'étendre l'usage de coproduits à des exploitations qui n'en utilisent pas encore. Une autre option est de partir des ressources et donc de définir le système autour des industries agro-alimentaires de la région qui fournissent des coproduits, en intégrant les exploitations qui les utilisent ou peuvent potentiellement les utiliser. Cette option a plus de potentialité

d'exploration de nouvelles allocations des ressources mais il faut tout de même déterminer un ensemble d'exploitations à prendre en compte. A l'échelle d'un industriel, des choix d'allocation des ressources sont déjà faits. Par exemple, pour un industriel qui peut valoriser ses coproduits en alimentation humaine, en alimentation pet food, en alimentation animale (élevage) ou en méthanisation, des objectifs et des contraintes sont établis et déterminent comment les coproduits de l'industriel en question sont répartis entre ces différents usages. Pour que le modèle permette de réfléchir aux « usages des coproduits locaux utilisables en alimentation animale », il faut prendre en compte tout le volume de coproduits que produit l'industriel et connaître le marché potentiel des différents débouchés. Cependant, les données peuvent ne pas être disponibles, pour des raisons stratégiques de l'entreprise par exemple. Dans ce cas, le modèle peut se focaliser uniquement sur les volumes qui partent normalement en alimentation animale et en méthanisation. On peut alors supposer qu'une partie des volumes de coproduits (pour le pet food par exemple), n'est pas « utilisable en alimentation animale ». La question qui a été formulée lors de l'atelier a pour sujet principal « l'usage des coproduits » et semble donc s'orienter vers le dernier choix des limites du système, celui qui part des ressources.

Etant donné que l'objectif est de construire le modèle avec les acteurs du terrain, « co-concepteurs », une autre possibilité pour définir les limites est de restreindre le système au rayon qui touche précisément ces acteurs. Leur implication est alors récompensée par un modèle qui leur parle et qui, même s'il est non exhaustif d'un point de vue du territoire, leur est adapté.

Quel que soit le choix de la limite du système qui est fait, il faut garder en tête que celui-ci va influencer les résultats qui sont visualisés. Le modèle d'optimisation vise des compromis qui vont dépendre du niveau de contraintes et de l'échelle envisagée (Shi et al., 2023). De plus, les limites peuvent être mobiles, c'est-à-dire redéfinies au cours de la co-construction du modèle, en fonction des propositions des acteurs et en fonction de la précision souhaitée, elle-même dépendante des données disponibles, du temps et du budget alloués au projet et de l'implications des acteurs.

Sur le territoire, des démarches de valorisation des ressources locales, et spécifiquement des coproduits, sont déjà en place. Selon les limites du système choisies, le projet et le modèle d'optimisation permettra plus ou moins de réfléchir à la mise en place de nouvelles dynamiques ou d'innover dans la gestion des ressources pour l'alimentation animale du territoire. Une plus-value du modèle peut être également de quantifier d'un point de vue environnemental les conséquences d'un usage ou l'autre des coproduits. Il est envisageable que des recommandations puissent aboutir, mais cela dépend en grande partie de ce que les acteurs du territoire choisissent de faire du modèle.

6.2. Des enjeux du territoire au problème d'optimisation multi-objectif

6.2.1. Analyse du cas d'étude et modélisation mathématique

Le travail d'analyse des objectifs et des contraintes des acteurs du territoire a permis d'en dresser une première liste à intégrer au modèle d'optimisation sous forme d'équations mathématiques.

Pour faciliter le travail et qu'une première proposition soit réalisable dans les délais du stage, une liste restreinte des objectifs et des contraintes a été définie. Cette première étape de modélisation permet de mettre en évidence à la fois les objectifs économiques et

environnementaux qui sont recherchés à travers la problématique et déclinés à différentes échelles. En réfléchissant aux objectifs, il est apparu que dans le triptyque industriel-intermédiaire-éleveur, les intermédiaires sous forme de coopérative n'ont pas vraiment d'objectifs propres, leurs objectifs sont plutôt « de répondre aux objectifs des éleveurs ». C'est la raison pour laquelle ils n'apparaissent pas dans l'expression des objectifs de prix. Dans le cas d'entreprises privées jouant le rôle d'intermédiaire, une marge est recherchée ainsi qu'un objectif de prix, mais nous avons jugé qu'il n'était pas nécessaire dans un premier temps de prendre en compte ce cas spécifique.

Les équations mathématiques restent assez théoriques et le résultat va beaucoup dépendre des données qui pourront être intégrées. Pour les mathématiciens, il est donc important de connaître l'incertitude des données, leur représentativité par rapport au territoire et leur échelle car ce sont des indications qui peuvent être prises en compte et orienter la précision des résultats.

6.2.2. Approches et des données actuelles sur la valorisation des coproduits agroalimentaires et leurs limites

A l'échelle nationale, des enquêtes annualisées sur les gisements et la valorisation des coproduits des industries agroalimentaires sont coordonnées par le RESEDA (Réséda, 2017). Le rapport regroupe « l'ensemble des flux des industries agroalimentaires autres que ceux destinés à l'alimentation humaine en première intention. Cela concerne les anciennes denrées alimentaires, les sous-produits, les sous-produits animaux, les écarts de tri, de fabrication et de transformation ». Le rapport de 2017 concernant les coproduits générés en France est basé sur les années de références 2015 et 2016. Il liste les types et les volumes de coproduits des industries agroalimentaires en France qui ont répondu à un questionnaire ou un entretien semi-directif. Les entretiens ont aussi permis aux industries de définir les facteurs influençant les principaux choix de valorisation des coproduits qui peuvent s'apparenter aux objectifs définis dans le stage. Pour les industriels, c'est le facteur économique qui est ressorti essentiel, suivi des caractéristiques nutritionnelles des coproduits et la réglementation, qui n'a été évoquée dans notre cas que rapidement lors de l'atelier. En 2019, Area Normandie a publié un rapport sur les gisements et la valorisation des coproduits équivalant au rapport national mais à l'échelle de la région normande (AREA Normandie & Réséda, 2019).

A l'échelle locale, des initiatives existent également. Par exemple, dans la région Grand-Est, IDELE mène un travail à l'échelle locale depuis 2021, sur l'utilisation des coproduits dans l'alimentation animale (COPRAME, 2022). Le projet COPRAME propose une évaluation territoriale des gisements et voies de valorisation des coproduits des industries agroalimentaires et a pour but d'acquérir des références sur les modes de valorisation des coproduits par les bovins et d'évaluer les effets sur les performances. Un suivi des élevages utilisant des coproduits vise à déterminer les freins et leviers de leur utilisation.

Ces documents font un état des lieux mais aucun ne propose d'outil pour visualiser et prendre en compte des objectifs multiples à l'échelle d'un territoire comme le propose le projet.

De nombreux travaux autour de la modélisation pour l'optimisation multi-objectif ont été réalisés, notamment dans le cadre de la formulation d'aliments pour animaux. Les objectifs économiques sont pris en compte, associés aux besoins des animaux (Prisenk et al., 2016). Si ajoute parfois des objectifs environnementaux (Pomar et al., 2007, Castrodeza et al., 2005, Garcia-Launay et al., 2018) et des objectifs de production locale (De Quelen et al., 2021). Dans

ces travaux, les objectifs qui sont établis sont généraux, avec une minimisation des impacts à l'échelle de l'aliment, parfois à l'échelle de la production. Ce sont des résultats qui ne sont pas contextualisés dans un territoire, et leur mise en place est parfois impossible pour des raisons de disponibilité des matières premières (De Quelen et al., 2021). Le projet dans lequel s'intègre le stage pourrait répondre à ces questions, grâce à la prise en compte spécifique des objectifs et des contraintes propres à un territoire intégré au modèle.

6.3. Analyse réflexive sur la démarche participative

6.3.1. Apports de la démarche participative dans le cas d'étude

Les entretiens, l'analyse et l'atelier ont été complémentaires, comme le résume le tableau 6

Tableau 6 : Apports des étapes de la démarche du cas d'étude

Etape de la démarche	Apport dans le cas d'étude
Entretiens	<ul style="list-style-type: none"> → Avoir une vision d'ensemble des personnes qui ont un rôle sur le sujet → Discerner les limites du territoire, en envisager les subtilités → Récupérer des informations qualitatives (non statistiquement représentatives) sur les enjeux, les contraintes, les objectifs du territoire → Avoir un aperçu des données disponibles
Analyse thématique	<ul style="list-style-type: none"> → Comprendre les enjeux du territoire (diagnostic) → Evaluer la diversité des points de vue sur le sujet → Préciser la problématique pour le modèle d'optimisation
Atelier	<ul style="list-style-type: none"> → Mobiliser et fidéliser les acteurs qui sont intéressés par la démarche → Confronter les points de vue → Orienter le travail vers des questions qui intéressent les acteurs

6.3.2. Une prise de contact facilitée pour impliquer et fidéliser des acteurs dans la démarche participative

La démarche qui a été testée lors du stage s'est basée en premier lieu sur des entretiens. Ces entretiens avaient pour but de récupérer des données qualitatives pour comprendre la position de différents acteurs du territoire sur l'utilisation des ressources locales pour l'alimentation animale. Pour réaliser ces entretiens, des interlocuteurs de l'IFIP et de la coopérative NordAppro basée dans les Hauts-de-France ont particulièrement facilité la prise de contacts, en recommandant des personnes à contacter et en les prévenant de la mise en place du projet. Pour toucher la diversité des acteurs qui avaient été définis, certains contacts ont été récupérés au fur et à mesure, par des contacts intermédiaires, selon les types d'acteurs qui semblaient manquer. C'est la durée consacrée aux entretiens qui a défini l'ordre de grandeur du nombre d'entretiens réalisés. Un organisme partenaire au projet et surtout localisé dans le territoire du cas d'étude semble indispensable comme point de départ pour la démarche participative. Cette prise de contact par recommandation entraîne un biais dans le choix des acteurs mais permet d'avoir des personnes qui sont intéressées par la démarche et qui seront plus susceptibles de se mobiliser pour la suite de la construction du modèle. En effet, étant donné que le projet prévoit la

construction d'un modèle d'optimisation réfléchi avec les acteurs du terrain pour qu'il soit adapté au contexte, leur fidélisation est importante.

La démarche s'effectue en plusieurs phases et les acteurs ne sont pas nécessairement les mêmes de l'une à l'autre, selon la démarche envisagée (tableau 7). Dans le cadre du projet, une problématique est déjà définie pour chaque cas d'étude, avec parfois des partenaires (coopératives, associations, groupes d'éleveurs) qui sont déjà identifiés.

Tableau 7 : Particularités des acteurs impliqués dans les différentes étapes de la démarche de modélisation

Etape du projet	Type d'acteurs à impliquer
Délimitation du système, diagnostic des acteurs et des ressources	<ul style="list-style-type: none"> - Acteur partenaire du projet spécifiques du cas d'étude - Diversité d'acteurs du territoire concernant la problématique
Compréhension et élicitation des objectifs et des contraintes	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité d'acteurs du territoire concernant la problématique - Acteurs impliqués dans la délimitation du système ou non
Choix des variables de décisions pour la modélisation	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité d'acteurs du territoire - Acteurs intéressés et engagés prêts à se mobiliser sur plusieurs étapes - Acteurs impliqués dans le diagnostic ou non
Visualisation des solutions du problème d'optimisation et orientation du modèle (itération)	<ul style="list-style-type: none"> - Groupe similaire à celui qui a fait le choix des variables de décisions
Récupération de données quantitatives	<ul style="list-style-type: none"> - Groupe d'acteurs représentatifs du territoire pour traiter les données de façon statistique

Pour la première étape de diagnostic, il faut privilégier l'implication de ces partenaires et des autres acteurs qu'ils auront identifiés pertinents par rapport à la problématique. Ces acteurs peuvent être impliqués dans des ateliers et/ou dans des entretiens individuels. A ce stade, une fidélisation n'est pas encore essentielle. En fonction de leur pertinence et de leur motivation, ils pourront être impliqués dans la suite, ou non. Ces mêmes acteurs et d'autres sont alors questionnés pour comprendre leurs objectifs et contraintes. Ces étapes de diagnostic permettent de comprendre les enjeux du territoire concernant la problématique, mais également de déceler la personnalité des acteurs rencontrés, permettant de faire un choix éclairé des acteurs participant à la suite de la démarche. Jeuffroy et al., (2022) argumentent que ce choix est crucial dans les ateliers collectifs, et qu'il est nécessaire d'identifier clairement le rôle des acteurs et leur capacité à écouter et interagir avec les autres.

Pour la suite, il s'agit des étapes de modélisation et notamment du choix des variables de décision. L'enjeu du projet est de proposer un modèle d'optimisation de l'usage des ressources qui soit adapté à un territoire et donc basé sur une coopération avec des acteurs. Ces acteurs doivent représenter la diversité du territoire pour que le modèle soit en accord avec ce qu'il est possible de faire, mais l'exhaustivité des catégories d'acteurs n'est pas obligatoire. Il vaut mieux privilégier des acteurs qui sont intéressés par la démarche et engagés, quitte à ce que le

modèle soit restreint. Certains acteurs ayant été impliqués aux premières étapes peuvent souhaiter poursuivre le travail collectif pour connaître l'aboutissement mais ce n'est pas toujours le cas. Si certains acteurs arrivent en cours de démarche, il faut prendre le temps de bien réexpliquer le contexte à tous. Pour les itérations et la visualisation des résultats proposés par le modèle, garder un même groupe d'acteurs permet de garantir une continuité dans les réflexions et éviter des pertes de temps, bien que l'intégration de nouveaux acteurs peut permettre de considérer de nouvelles directions.

Pour la construction du modèle, des données quantitatives sont nécessaires. Parfois elles sont spécifiques au territoire, et pas existantes et donc il peut être nécessaire de faire des questionnaires ou des entretiens auprès de populations d'acteurs ciblés qui soit représentatives dans le territoire. Cette étape implique un nombre important d'acteurs et donc des acteurs qui ne sont pas impliqués dans le processus de construction du modèle.

Par ailleurs, le terme « acteur » est utilisé sans distinction pour désigner des personnes qui n'ont pas les mêmes rôles. Pour être plus précis, il faudrait distinguer :

- Les acteurs enquêtés : les personnes qui ont répondu aux questions lors des entretiens ou dans le cadre d'un sondage.
- Les acteurs concepteurs : les personnes qui sont impliqués dans le processus de construction et de visualisation des solutions fournies par le modèle.
- les acteurs : toutes les personnes qui ont un rôle dans le territoire autour de la problématique. Quand le diagramme des « acteurs » est réalisé se sont bien les personnes qui sont impliquées directement et indirectement à la problématique qui sont représentées.

6.3.3. Adaptation de la démarche aux contraintes logistiques et préconisation de méthodologies de l'analyse thématique (figure 9)

La limite de temps, d'un stage de 6 mois, a contraint certains choix dans la mise en place de la démarche, tout comme la localisation, dans les Hauts-de-France, à 520 km du lieu de stage.

La première contrainte a été de réaliser des entretiens regroupant à la fois la construction des diagrammes et un échange sur les objectifs et les contraintes. Le choix a été fait de regrouper les deux pour limiter la sollicitation des acteurs et réduire le nombre de déplacements sur place. Cette adaptation a nécessité de réduire le temps accordé à chaque partie. La construction des diagrammes peut durer de 1 h à 3 h (par diagramme) lorsqu'ils sont réalisés en ateliers collectifs (M. Etienne, 2010) ou de 2h à 2h30 (pour 3 diagrammes) lors d'enquêtes individuelles (Perier, 2022). Un entretien semi-directif peut durer de 1 à 2h selon les thématiques à aborder. Dans notre cas, il a fallu faire rentrer les deux parties en environ 2 h. Globalement, les entretiens ont duré entre 45 min (une seule partie réalisée) et 2h30 selon la disponibilité et l'intérêt des interlocuteurs. Cette contrainte de temps a surtout impacté la partie « diagramme ». En effet, c'est un exercice qui n'était pas évident pour les personnes enquêtées. Il demande de prendre du recul sur la situation de l'alimentation animale dans le territoire. Certains participants ont d'ailleurs fait la réflexion que c'était un travail intéressant, qu'ils n'avaient pas l'habitude de réaliser mais qui permettait de changer de point de vue et de se questionner sur le réseau d'acteurs notamment. Un temps plus long accordé à cet exercice aurait permis d'éviter certains oublis individuels et de préciser les entités de gestion et les niveaux d'importance des acteurs et des ressources. Les participants ont tout de même globalement bien réussi à exprimer leur

vision du territoire, et la confrontation de l'ensemble des diagrammes a permis de limiter les manquements individuels.

La deuxième contrainte a été de limiter le nombre d'entretiens et de faire certains en visio-conférence. Avec la facilité actuelle à faire des entretiens à distance, et les moyens utilisés tels que la vidéo, le partage d'écran, cela n'a pas impacté l'acquisition de données. Le nombre d'entretiens restreint était peu impactant dans le cadre du stage dans le sens où il s'agit d'une première étape du projet pour avoir une idée générale des tenants et aboutissants du cas d'étude. Cependant, dans l'optique d'avoir un modèle qui soit adapté au territoire en étant généralisable, cela implique d'avoir un panel détaillé des différents acteurs du territoire et donc de ne pas se limiter à 1 ou 2 acteurs par catégorie.

Ensuite, un mois seulement séparait les entretiens de l'atelier collectif, pendant lequel il a fallu analyser les entretiens et préparer l'atelier. En un mois, il n'était pas possible de faire une analyse thématique complète avec retranscription des 12 entretiens. Le choix a été fait de réécouter la partie « objectifs et contraintes » de chaque entretien (qui durait entre 45min et 1h20) et d'attribuer les extraits adaptés aux principaux éléments (objectifs, contraintes, moyens mis en place, etc.). Le résumé fait à la fin des entretiens, à chaud, a également facilité l'analyse et la confrontation des entretiens entre eux. L'analyse thématique démarre dès la réalisation des entretiens, la profondeur de l'analyse thématique dépend aussi des échanges qui ont eu lieu (Braun & Clarke, 2013). Un manque d'expérience et des questions peu précises peuvent limiter la pertinence des réponses, il faut favoriser les questions ouvertes ce qui n'est pas toujours évident à appliquer au cours de l'entretien. Cette analyse thématique « rapide » a permis de bien préciser les enjeux du territoire et a donc répondu aux attentes pour la préparation de l'atelier, voire comme support à la première étape de modélisation (l'écriture du problème d'optimisation mathématique avec les objectifs et les contraintes).

A la suite de l'atelier, pour affiner la démarche, une analyse thématique « détaillée » a été faite en partie. Cette analyse de 4 entretiens à l'aide du logiciel Atlas.ti n'a pas été si bénéfique pour le temps que cela a pris de retranscrire les entretiens (de 25 min à 1 h pour retranscrire 10 min avec ou sans l'utilisation d'outil de retranscription automatique), parce qu'une première analyse relevant les principaux enjeux avait déjà été faite. Elle a permis de préciser des idées qui avaient été relevées dans l'analyse rapide mais sans en apporter de nouvelles, notamment parce que le faire sur seulement 4 entretiens n'a pas permis de faire ressortir des types d'acteurs. Par exemple, sur la thématique de la méthanisation, les points de vue peuvent être divergents avec « une opportunité pour acheter du volume », « une concurrence face à l'élevage », « un débouché pour valoriser des coproduits locaux », mais chaque idée n'est énoncée qu'une seule fois ce qui ne permet pas de dire si l'une ou l'autre se détache.

Atlas.ti est un outil logiciel qui a été recommandé par un chercheur (Dr Bekir Afsar) de l'université de Jyväskylä (Finlande). Il a l'avantage d'être simple d'utilisation et de pouvoir visualiser rapidement les thématiques créées mais ne permet pas d'échapper aux nombreuses lectures des documents qui permettent de préciser les thématiques. Même si une IA est intégrée à l'outil pour suggérer des thèmes, elle n'a pas été testée dans le cadre du stage et ne remplace pas une relecture et une prise de décision par la personne qui réalise l'analyse. Atlas.ti peut être substitué par une analyse sous forme d'un tableau excel mais il facilite le travail, probablement encore d'avantage quand le nombre de documents et donc de codes et de thèmes est important.

Le choix de la méthodologie de l'analyse thématique dépend finalement de la précision attendue des résultats (tableau 8). Pour comprendre les grands enjeux d'un territoire ou d'une filière, une analyse des notes avec potentiellement la réécoute des entretiens est suffisante. Pour faire des comparaisons plus précises entre les personnes enquêtées et faire ressortir les nuances de certains points de vue, la retranscription est judicieuse. Si l'ensemble des données n'est pas exploité dès le début, revenir ultérieurement sur des retranscriptions est plus rapide que sur les enregistrements. La méthodologie d'analyse dépend aussi du temps qui peut y être consacré. Dans le cadre d'une démarche équivalente avec entretiens puis atelier, le mieux est d'avoir assez de temps entre les deux pour pouvoir retranscrire les enregistrements. L'analyse thématique permet de préparer l'atelier et s'il est nécessaire d'approfondir l'analyse et d'étayer les objectifs et les contraintes, c'est un gain de temps d'avoir les retranscriptions. Cela peut permettre par exemple de faire une analyse à partir de mots ou de champs lexicaux grâce aux fonctionnalités « ctrl f ». L'effort mis sur l'analyse dépend également de la participation et de la facilité à mobiliser des participants. Une analyse bien poussée permet de valoriser au mieux la discussion lors des ateliers, mais peut avoir l'inconvénient de ne pas favoriser au maximum la démarche de participation et de construction collective, car l'analyse est réalisée par une seule personne. S'il est facile de mobiliser les acteurs à travers des ateliers, l'analyse peut être plus « légère » car les éléments peuvent être discutés plus fréquemment avec les participants. Une préconisation est donc de s'adapter aux acteurs du terrain et aux potentielles contraintes (déplacement, calendrier, etc.)

Tableau 8 : Comparaison de différentes approches pour la mise en œuvre d'une analyse thématique

Méthodes	Contexte d'utilisation dans la démarche	Avantages	Difficultés	Recommandations
Analyse avec prise de notes	<ul style="list-style-type: none"> Pour une analyse rapide, avoir des éléments pour en discuter avec les acteurs du terrain lors d'ateliers 	<ul style="list-style-type: none"> Méthode rapide et adaptée pour avoir les grands enjeux du territoire 	<ul style="list-style-type: none"> La prise de note doit être complète Risque de ne pas considérer les thématiques moins évidentes 	<ul style="list-style-type: none"> Faire une relecture et compléter la prise de notes juste après l'entretien, à chaud
Analyse thématique avec écoute audio		<ul style="list-style-type: none"> Méthode rapide et plus détaillée qu'à partir d'une simple prise de notes 	<ul style="list-style-type: none"> Risque de ne pas considérer les thématiques moins évidentes Méthode plutôt déductive, pour répondre à des thèmes déjà retenus 	<ul style="list-style-type: none"> Noter les marqueurs temporels pour revenir sur la citation si besoin
Analyse thématique avec excel (pas testé mais discuté)	<ul style="list-style-type: none"> Pour une analyse détaillée et comprendre les enjeux du territoire 	<ul style="list-style-type: none"> Peut être couplé avec une grille d'analyse Prise en main facile 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite d'enregistrer et de retranscrire l'ensemble de l'entretien, très chronophage 	<ul style="list-style-type: none"> Utiliser une aide à la retranscription pour un gain de temps
Analyse thématique avec le logiciel atlas.ti	<ul style="list-style-type: none"> Pour une analyse détaillée et comprendre les enjeux du territoire 	<ul style="list-style-type: none"> Pas besoin de grille d'analyse Visualisation facilitée des codes d'un document ou des différentes citations d'un code Possibilité de faire l'analyse écrite directement sur le logiciel 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite d'enregistrer et de retranscrire l'ensemble des entretiens, très chronophage 	<ul style="list-style-type: none"> Utiliser une aide à la retranscription pour un gain de temps

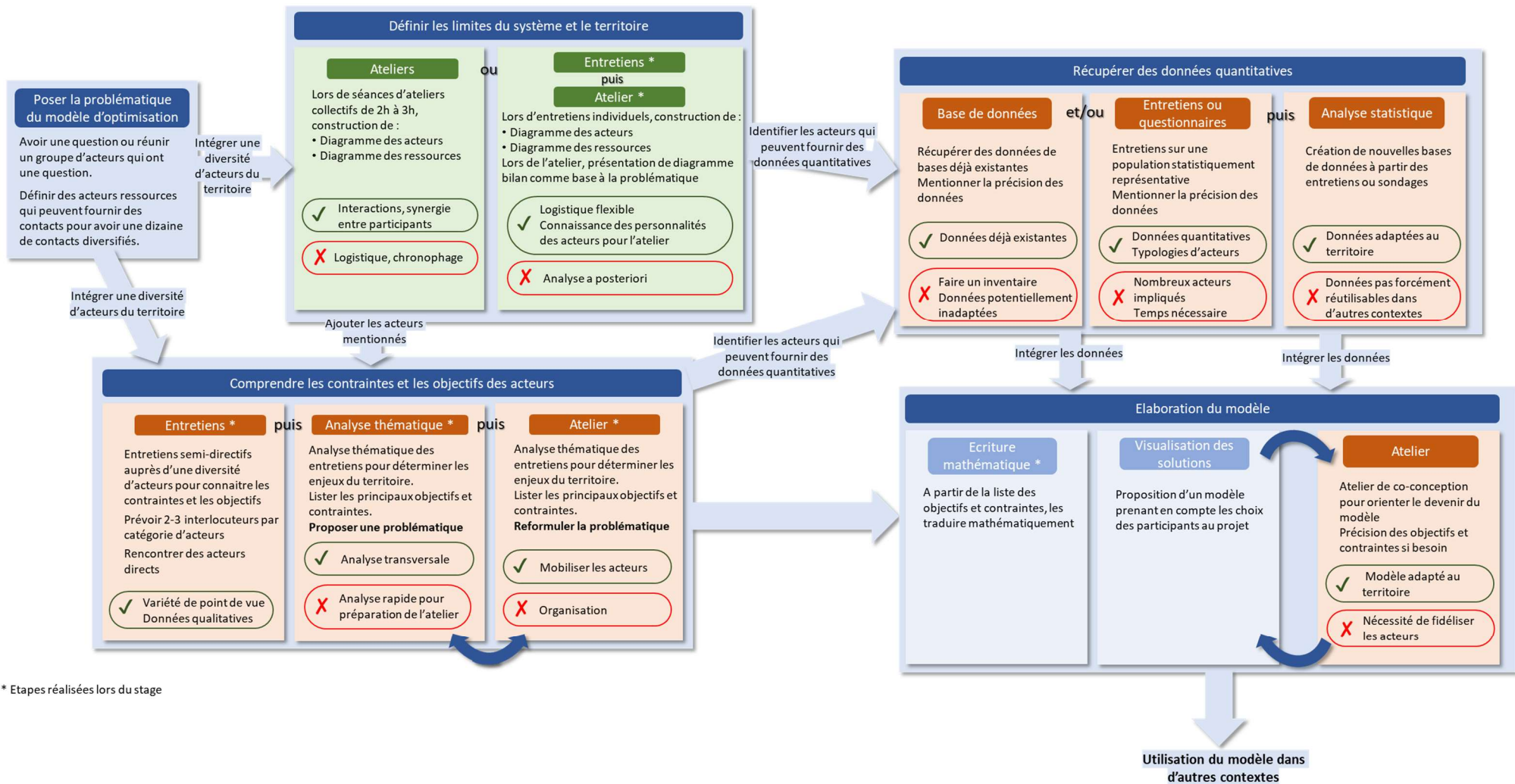


Figure 9 : Suggestion d'une démarche participative pour construire un modèle d'optimisation multi-objectif

7. Conclusion

L'approche participative mise en place pendant le stage a permis de mieux comprendre les enjeux liés à l'utilisation des ressources pour l'alimentation animale dans le cas d'étude. Les coproduits fournis par les industries agroalimentaires sont valorisables en alimentation animale et sont gérés et utilisés par un réseau d'acteurs locaux qui ont chacun des objectifs économiques souvent divergents à l'échelle du territoire. Des objectifs environnementaux, ont également été mentionnés. Ils sont convergents entre acteurs car tous orientés vers une diminution des impacts de l'alimentation animale pour l'élevage. L'atteinte de ces objectifs est restreinte par les contraintes relatives à chaque acteur qui peuvent être logistiques, techniques, de transport, de temps, etc. Ces enseignements ont pu être acquis grâce à la démarche participative qui a été mise en place. Les entretiens ont permis d'envisager un système à modéliser, de récolter les informations qualitatives auprès des acteurs du territoire et d'évaluer les données disponibles pour un modèle d'optimisation. L'atelier collectif a permis de discuter avec les participants d'une problématique qui pourrait servir de base à la construction du modèle d'optimisation multi-objectif en support à une réflexion collective. Les premières équations formulées constituent les prémices de la modélisation et devront être complétées afin d'intégrer les différents niveaux de modélisation (exploitation, territoire), et l'ensemble des objectifs et des contraintes des différents acteurs du territoire. Une première proposition de modèle permettra de poursuivre la démarche participative et de visualiser les solutions de l'optimisation. Cette visualisation permettra aux acteurs d'exprimer leurs préférences pour trouver des compromis. La méthodologie proposée et les recommandations ont été conçues pour être suffisamment générales afin de poursuivre cette démarche ou de l'utiliser pour initier de nouvelles réflexions dans d'autres cas d'étude.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEME. (2023). Synthèse de l'enquête 2023 (données 2022) auprès des installations de compostage et de méthanisation en région Hauts-de-France.
- Afsar, B., Silvennoinen, J., & Miettinen, K. (2023). A Systematic Way of Structuring Real-World Multiobjective Optimization Problems. In M. Emmerich, A. Deutz, H. Wang, A. V. Kononova, B. Naujoks, K. Li, K. Miettinen, & I. Yevseyeva (Éds.), *Evolutionary Multi-Criterion Optimization* (Vol. 13970, p. 593-605). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27250-9_42
- Agreste. (2024, janvier). Statistique agricole—Memento 2023—Région Hauts-de-France.
- AREA Normandie, & Réséda. (2019). GISEMENTS ET VALORISATIONS DES COPRODUITS DES ENTREPRISES AGROALIMENTAIRES [Rapport d'enquêtes]. <https://www.area-normandie.fr/wp-content/uploads/2020/02/202001-Coproduits-AREA-RESEDA-Rapport.pdf>
- ATLAS.ti Web—Scientific Software Development GmbH (Version 8.3.0). (2023). [Logiciel]. <https://atlasti.com>
- Barbieri, P., Dumont, B., Benoit, M., & Nesme, T. (2022). Opinion paper : Livestock is at the heart of interacting levers to reduce feed-food competition in agroecological food systems. *Animal*, 16(2), 100436. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100436>
- Beal, T., Gardner, C. D., Herrero, M., Iannotti, L. L., Merbold, L., Nordhagen, S., & Mottet, A. (2023). Friend or Foe? The Role of Animal-Source Foods in Healthy and Environmentally Sustainable Diets. *The Journal of Nutrition*, 153(2), 409-425. <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2022.10.016>
- Bikker, P., & Jansman, A. J. M. (2023). Review : Composition and utilisation of feed by monogastric animals in the context of circular food production systems. *Animal*, 17, 100892. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100892>
- Boukhelifa, N., Bezerianos, A., Trelea, I. C., Perrot, N. M., & Lutton, E. (2019). An Exploratory Study on Visual Exploration of Model Simulations by Multiple Types of Experts. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-14. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300874>
- Boyatzis, R. E. (1998). *Transforming qualitative information—Thematic analysis and code development*. Sage publication.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Braun, V., & Clarke, V. (2013). Some very important starting information. In *Successful Qualitative Research a practical guide for beginners* (sage, p. 400).
- Castrodeza, C., Lara, P., & Peña, T. (2005). Multicriteria fractional model for feed formulation : Economic, nutritional and environmental criteria. *Agricultural Systems*, 86(1), 76-96. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2004.08.004>
- ComMod, C. (2013, janvier). La modélisation d'accompagnement : Fondements et éthique d'une démarche de concertation pour un développement durable.
- COPRAME. (2022, mars). les coproduits ! Quoi de plus local ? webinar restitution d'action 1 du projet COPRAME. <https://idele.fr/detail-article/coprame-les-coproduits-quoi-de-plus-local>
- De Quelen, F., Brossard, L., Wilfart, A., Dourmad, J.-Y., & Garcia-Launay, F. (2021). Eco-Friendly Feed Formulation and On-Farm Feed Production as Ways to Reduce the Environmental Impacts of Pig Production Without Consequences on Animal Performance. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 689012. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.689012>
- de Saussure, F. (1916). *Cours de linguistique générale* (C. Bally & A. Sechehaye, Éds.).

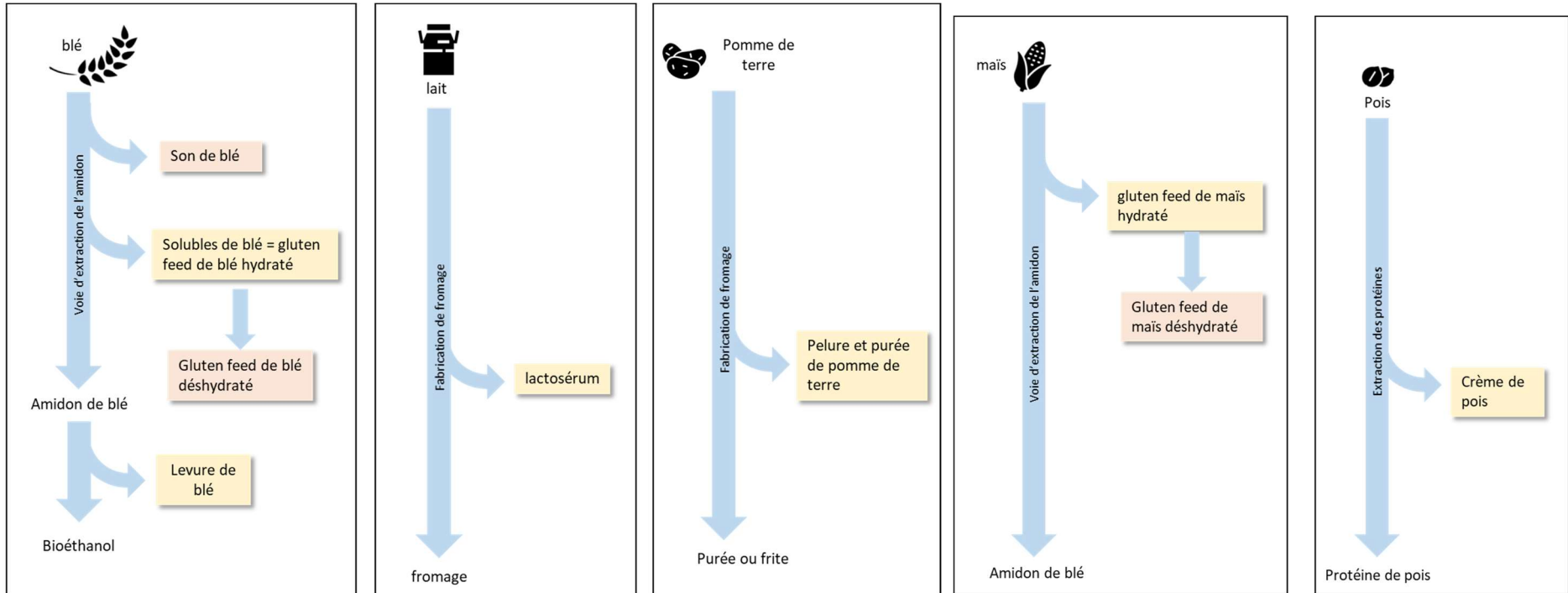
- Dourmad, J.-Y., Guilbaud, T., Tichit †, M., & Bonaudo, T. (2019). Les productions animales dans la bioéconomie. *INRA Productions Animales*, 205-220. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2485>
- Dusart, L., Gaudré, D., Laisse-Redoux, S., Garcia-Launay, F., & Morin, L. (2016, février). ECOALIM – protocole de formulation des aliments du bétail avec prise en compte de critères environnementaux.
- Etienne, A. (2023). Panorama des unités de méthanisation agricoles en région Hauts-de-France.
- Étienne, M. (2010). Co-construction d'un modèle d'accompagnement selon la méthode ARDI : guide méthodologique.
- Etienne, M. (2010). La méthode ARDI - REGARDS CROISÉS SUR LES INTERACTIONS ENTRE ÉLEVAGE ET TERRITOIRE APPROCHES, MÉTHODES ET OUTILS.
- Etienne, M., Du Toit, D. R., & Pollard, S. (2011). ARDI: A Co-construction Method for Participatory Modeling in Natural Resources Management. *Ecology and Society*, 16(1), art44. <https://doi.org/10.5751/ES-03748-160144>
- FAO. (2018). The 10 elements of agroecology—Guiding the transition to sustainable food and agricultural systems. <http://www.fao.org/3/i9037en/i9037en.pdf>
- Garcia-Launay, F., Dusart, L., Espagnol, S., Laisse-Redoux, S., Gaudré, D., Méda, B., & Wilfart, A. (2018). Multiobjective formulation is an effective method to reduce environmental impacts of livestock feeds. *British Journal of Nutrition*, 120(11), 1298-1309. <https://doi.org/10.1017/S0007114518002672>
- Hobballah, M. H., Ndiaye, A., Michaud, F., & Irle, M. (2018). Formulating preliminary design optimization problems using expert knowledge : Application to wood-based insulating materials. *Expert Systems with Applications*, 92, 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.09.035>
- Houllier, F., & Merilhou-Goudard, J.-B. (2016). Les Sciences participatives en France État des lieux, bonnes pratiques & recommandations (p. 122).
- Jeuffroy, M.-H., Loyce, C., Lefeuvre, T., Valantin-Morison, M., Colnenne-David, C., Gauffreteau, A., Médiène, S., Pelzer, E., Reau, R., Salembier, C., & Meynard, J.-M. (2022). Design workshops for innovative cropping systems and decision-support tools : Learning from 12 case studies. *European Journal of Agronomy*, 139, 126573. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126573>
- Kaczor, M., Bulak, P., Proc-Pietrycha, K., Kirichenko-Babko, M., & Bieganski, A. (2022). The Variety of Applications of *Hermetia illucens* in Industrial and Agricultural Areas—Review. *Biology*, 12(1), 25. <https://doi.org/10.3390/biology12010025>
- Kling-Eveillard, F., Frappat, B., Couzy, C., & Dockès, A.-C. (2012). Les enquêtes qualitatives en agriculture—De la conception à l'analyse de résultats. IDELE.
- Lamine, C., & Chiffolleau, Y. (2018). Reconnecter agriculture et alimentation dans les territoires : Dynamiques et défis: *Pour*, N° 232(4), 225-232. <https://doi.org/10.3917/pour.232.0225>
- Lesschen, J. P., Van Den Berg, M., Westhoek, H. J., Witzke, H. P., & Oenema, O. (2011). Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 16-28. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.058>
- Mackenzie, S. G., Leinonen, I., Ferguson, N., & Kyriazakis, I. (2016). Towards a methodology to formulate sustainable diets for livestock : Accounting for environmental impact in diet formulation. *British Journal of Nutrition*, 115(10), 1860-1874. <https://doi.org/10.1017/S0007114516000763>
- Millennium Ecosystem Assessment (Program) (Éd.). (2005). *Ecosystems and human well-being : Synthesis*. Island Press.

- Moine, A. (2006). Le territoire comme un système complexe : Un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie. *Espace géographique*, 35(2), 115. <https://doi.org/10.3917/eg.352.0115>
- Mottet, A., De Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., & Gerber, P. (2017). Livestock : On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*, 14, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
- Nisztuk, M., Pakowska, M., & Symonowicz, J. (Éds.). (2016). Multi criteria optimization in architectural design : Goal-oriented methods and computational morphogenesis. In *Shapes of logic : Everything that surrounds us can be described*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- Perier, A. (2022). Représentation individuelle et collective des acteurs, ressources, dynamiques et interactions nécessaires pour réfléchir à la mise en place de gestions collectives des effluents d'élevage.
- Pomar, C., Dubeau, F., Létourneau-Montminy, M.-P., Boucher, C., & Julien, P.-O. (2007). Reducing phosphorus concentration in pig diets by adding an environmental objective to the traditional feed formulation algorithm. *Livestock Science*, 111(1-2), 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.11.011>
- Poux, X., & Aubert, P.-M. (s. d.). An agroecological Europe in 2050 : Multifunctional agriculture for healthy eating.
- Prisenk, J., Turk, J., & Pazek, K. (2016). Multi-goal Optimization Process for Formulation of Daily Dairy Cow Rations on Organic Farms : A Slovenian Case Study. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 16(1), 13. <https://doi.org/10.5958/0974-181X.2016.00002.0>
- Production animale. (2023, octobre 6). Le CRIEL Nord Picardie Ardennes engagé dans une réflexion multi-acteurs sur la ressource « pulpes ». 31.
- Réséda. (2017). Gisement et valorisation des coproduits des industries agroalimentaires.
- Shi, Y., Tonda, A., & Accatino, F. (2023). Handling ecosystem service trade-offs : The importance of the spatial scale at which no-loss constraints are posed. *Landscape Ecology*, 38(5), 1163-1175. <https://doi.org/10.1007/s10980-023-01635-9>
- Spedding, C. R. W. (1988). An introduction to agricultural systems. Elsevier Applied Science Publishers Ltd.
- Stein, H. H., Berger, L. L., Drackley, J. K., Fahey, G. C., Hernot, D. C., & Parsons, C. M. (2008). Nutritional Properties and Feeding Values of Soybeans and Their Coproducts. In *Soybeans* (p. 613-660). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-64-6.50021-4>
- Stødkilde, L., Damborg, V. K., Jørgensen, H., Lærke, H. N., & Jensen, S. K. (2019). Digestibility of fractionated green biomass as protein source for monogastric animals. *Animal*, 13(9), 1817-1825. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000156>
- Van Hal, O., De Boer, I. J. M., Muller, A., De Vries, S., Erb, K.-H., Schader, C., Gerrits, W. J. J., & Van Zanten, H. H. E. (2019). Upcycling food leftovers and grass resources through livestock : Impact of livestock system and productivity. *Journal of Cleaner Production*, 219, 485-496. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.329>
- Van Huis, A., & Oonincx, D. G. A. B. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(5), 43. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>
- Van Selm, B., Frehner, A., De Boer, I. J. M., Van Hal, O., Hijbeek, R., Van Ittersum, M. K., Talsma, E. F., Lesschen, J. P., Hendriks, C. M. J., Herrero, M., & Van Zanten, H. H. E. (2022). Circularity in animal production requires a change in the EAT-Lancet diet in Europe. *Nature Food*, 3(1), 66-73. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00425-3>

- Van Zanten, H. H. E., Herrero, M., Van Hal, O., Rööös, E., Muller, A., Garnett, T., Gerber, P. J., Schader, C., & De Boer, I. J. M. (2018). Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. *Global Change Biology*, 24(9), 4185-4194. <https://doi.org/10.1111/gcb.14321>
- Van Zanten, H. H. E., Mollenhorst, H., Oonincx, D. G. A. B., Bikker, P., Meerburg, B. G., & De Boer, I. J. M. (2015). From environmental nuisance to environmental opportunity : Housefly larvae convert waste to livestock feed. *Journal of Cleaner Production*, 102, 362-369. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.106>
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(4), 503-515. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>
- Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R., & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6), 40. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>
- Wilfart, A., Dusart, L., Méda, B., Gac, A., Espagnol, S., Morin, L., Dronne, Y., & Garcia-Launay, F. (2018). Réduire les impacts environnementaux des aliments pour les animaux d'élevage. *INRA Productions Animales*, 31(3), 289-306. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.2.2285>
- Wilfart, A., Espagnol, S., Dauguet, S., Tailleur, A., Gac, A., & Garcia-Launay, F. (2016). ECOALIM : A Dataset of Environmental Impacts of Feed Ingredients Used in French Animal Production. *PLOS ONE*, 11(12), e0167343. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167343>
- Zira, S., Salomon, E., Åkerfeldt, M., & Rööös, E. (2023). Environmental consequences of pig production scenarios using biomass from rotational grass-clover leys as feed. *Environmental Technology & Innovation*, 30, 103068. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103068>

ANNEXES

Annexe 1 : Voies de production de certains coproduits utilisés en alimentation animale



Solide

Liquide

Annexe 2 : Compétences acquises pendant le stage

Tâches réalisées	Compétences associées
Organisation et participation à de nombreuses réunions avec des partenaires pour s'approprier le sujet.	Travail en équipe Communication orale Adaptation à divers interlocuteurs (zootechniciens, mathématiciens, modélisateurs, etc.) Travail dans un cadre pluridisciplinaire
Création d'un tableau excel pour suivre les disponibilités des acteurs	Maîtrise d'Excel Organisation Gestion de l'information
Prise de contacts avec 16 personnes et planification de 7 rendez-vous en présence et 5 rendez-vous en visioconférence.	Organisation Planification Gestion de relation avec des partenaires
Réalisation de 3 guides d'entretiens semi-directif appropriés pour les catégories d'acteurs	S'approprier un sujet Formulation des questions adaptées à des interlocuteurs spécifiques
Conduite de 12 entretiens	Conduite d'entretiens Présentation d'un sujet de recherche
Organisation et conduite d'un atelier avec 5 participants sur les enjeux d'un territoire autour de l'alimentation animale	Gestion du temps Animation Travail en équipe
Compte-rendu de l'atelier	Synthèse et analyse d'informations Prise de notes
Appropriation d'un cas d'étude et d'une problématique territoriale	Capacité d'apprentissage Appropriation d'un sujet Analyse critique
Appropriation et adaptation d'une méthodologie de modélisation d'accompagnement « ARDI »	Adaptation de méthodologie
Analyse des diagrammes des acteurs et des ressources grâce aux outils de tableaux croisés dynamiques d'excel.	Maîtrise de fonctionnalité d'excel Analyse et synthèse de données d'entretiens
Analyse thématique grâce à l'outil Atlas.ti pour répondre à la question des enjeux autour de l'utilisation de ressources locales pour l'alimentation animale	Analyse qualitative Prise en main d'un outil de recherche qualitative Esprit analytique et critique Compréhension des enjeux d'un territoire sur une problématique
Ecritures des équations mathématiques de contraintes et objectifs pour un problème d'optimisation multi-objectif	Analyse mathématique Décomposition de problèmes complexes Construction d'un problème d'optimisation
Réalisation d'un état de l'art et recherche bibliographique d'articles scientifiques pour répondre à la question du choix des matières premières pour concilier compétitivité et moindre empreinte environnementale et alimentation animale.	Capacité à chercher l'information Rédaction
Rédaction du rapport de stage	Communication écrite sur les résultats

	<p>Discussion des résultats</p> <p>Création de figures pour synthétiser les résultats</p> <p>Rigueur</p>
<p>Organisation de 3 réunions en anglais avec les partenaires européens pour la présentation des résultats</p>	<p>Présentation et synthèse de résultats</p> <p>Communication orale</p> <p>Gestion du temps</p> <p>Maitrise de l'anglais oral scientifique</p> <p>Utilisation d'outils de présentation</p>
<p>Comptes-rendus de réunions en français et en anglais</p>	<p>Organisation</p> <p>Synthèse et analyse d'informations</p> <p>Prise de notes</p>
<p>Appropriation de tables de données générales ou spécifiques au territoire</p>	<p>Gestion et analyse de données</p> <p>Synthèse de données</p>
<p>Présentation orale de 5 min à l'unité en fin de stage</p>	<p>Communication orale</p> <p>Adaptation au public</p> <p>Synthèse d'information</p> <p>Utilisation d'outils de présentation</p> <p>Structuration du discours</p>

Partie 1 - Introduction par l'enquêteur, présentation du sujet et objectif de l'entretien.

Me présenter – Adèle Samson de INRAE (centre de recherche agronomie et environnement), je réalise des entretiens auprès d'utilisateurs et de gestionnaires de ressources locales pour l'alimentation animale sur le territoire des Hauts de France.

Recommandation du contact –

Présenter le sujet du stage et le cadre de cette enquête – Dans le cadre d'un projet de recherche, nous voulons créer un modèle/outil pour optimiser l'utilisation des ressources locales pour l'alimentation animale et donc comprendre les objectifs et les contraintes de nombreux acteurs (industries agroalimentaires, éleveurs, conseillers, instituts publics, etc). Le projet s'organise autour de la coopérative Nord Appro.

Apports directs et apports indirects pour les acteurs – L'objectif de ces entretiens est 1/ de comprendre les relations de chacun avec les ressources locales. 2/ associer les acteurs afin d'objectiver l'intérêt de l'usage des ressources locales et des co-produits pour l'alimentation animale. 3/ récupérer des données pour faire un modèle multi-objectif à destination des usagers pour améliorer les ressources locales, pour prendre en compte plusieurs objectifs du terrain, des acteurs, d'un territoire et plus généralement apporter un cadre de réflexion pour une meilleure gestion des ressources.

Utilisation des données – les données vont permettre :

- de comprendre la vision de chaque acteur sur les ressources du territoire pour réaliser des diagrammes qui seront discutés avec ces mêmes acteurs lors d'un atelier,
- d'évaluer l'accessibilité des données, d'évaluer la précision des données pour orienter d'autres travaux dans d'autres territoires
- d'inventorier des objectifs et des contraintes à intégrer au problème d'optimisation
- d'avoir une base de données pour construire un modèle d'optimisation

Rappel du déroulé de l'entretien – 2h d'échange, en 2 temps. 1) un échange Q&R pour bien comprendre le rôle de la structure dans la gestion des ressources locales, l'utilisation des co-produits pour l'alimentation animale. Puis sur les contraintes et les objectifs de la coopérative vis-à-vis de l'alimentation animale. 2) un échange avec un support papier (ou ppt) pour construire une vision sur les acteurs, ressources et dynamiques du territoire.

La visio est enregistrée pour que l'échange soit plus fluide (sans trop de prise de notes) et ne pas déformer les propos lors de l'analyse.

Jour :

Heure de début :

Heure de fin :

Lieu :

Nom et prénom de la personne enquêtée :

Fonction :

Contexte entretien (lieu, personnes présentes, ambiance, éléments de décor) :

Partie 2 - Présentation de l'enquêté, de la structure et des aliments ou des matières qui y sont gérées, utilisées ou produites et questionnement sur les objectifs et contraintes de l'enquêtés vis-à-vis de l'utilisation de ressources locales pour l'alimentation animale (1h15)

Eleveurs - Présentation générale de l'exploitation et données pour le fond du modèle d'optimisation (30 min)

Description de l'exploitation, moyens de production, histoire de l'exploitation et relation avec la coopérative

Exploitation et organisation

Est-ce que vous pouvez vous présenter ? Quels sont vos ateliers de production ? Quel est votre effectif d'animaux ? Avez-vous d'autres activités agricoles ? Lesquelles ?

Main d'œuvre (UMO) dont salariés	
Surface (ha) SFP et grandes cultures	
Activité principale	

Bovin	
Condition logement (paille, logette, etc.)	
Race	
Effectif VL	
Production par VL	
Chargement	
Effectif génisse	
Renouvellement	
Atelier d'engraissement	
Marché	

Porcin	
Type de système (naiseur, engraisseur)	
Condition logement (paille, caillebotis)	
Effectif de truies	
Porcs/truie/an	
Kg carcasse produit	
GMQ	
IC (global ou technique)	
Marché	

Quelle est votre relation à la coopérative Nord Appro ?

Aliments

Sur quoi est basée l'alimentation de vos animaux ?

Quelles sont les MP utilisées pour chaque type d'animal ? Utilisez-vous des co-produits pour l'alimentation animale ? D'où viennent les MP ? Par quels procédés de fabrication ? Quel est le volume de MP utilisé (importé, FAF, total) ?

MP et/ou aliments utilisés	Types animaux concernés (ateliers / stades physiologiques)	Provenance (origine et fournisseur) et procédé de fabrication	Volume utilisé avec l'unité renseignée

Pour les aliments concentrés, faites-vous vous-même votre alimentation ? Si oui, comment définissez-vous les incorporations de chaque ressource / matière première ?

Connaissez-vous les formules des aliments que vous utilisez ? Les contraintes de formulation (nutritionnelles, disponibilité, etc) ? Peut-on y avoir accès, si oui à récupérer à la fin de l'entretien.

Sur quel marché vendez-vous votre production ? Vendez-vous sous signe de qualité ? Quel est le prix (ou ordre de grandeur du prix) de vente ? Est-ce que le cahier des charges contraint la formulation des aliments que vous donnez aux animaux ?

Aliments utilisés	Types animaux concernés	Achat / FAF totale/ FAF avec achat premix...	Quantité annuelle avec l'unité renseignée

Si production de grandes cultures

Quelles cultures produisez-vous sur l'exploitation ? A qui sont-elles vendues ? Quels sont les débouchés ? Sont-elles utilisées pour l'alimentation animale ? si oui quelles sont les raisons de leur utilisation en alimentation animale et pas dans d'autre secteur (exportation, énergie) ?

Reprendre ces informations pour le diagramme des ressources et des acteurs.

Grande culture	Volume, quantité de production	Destination, débouché	Espèce (si alim animale)

Et contraintes et objectifs (45 min)

Quelles sont vos attentes, objectifs et contraintes dans l'utilisation des ressources pour l'alimentation animale ?

Objectifs

Qu'est ce qui est important dans la gestion et le fonctionnement de votre exploitation ? A quoi faites-vous attention quand vous produisez ? Quels sont vos objectifs de production ?

Qu'est ce qui est important pour vous dans le choix des matières premières pour l'alimentation animale ?

Comment choisissez-vous les aliments et les matières premières pour l'alimentation de vos animaux (prix, qualité de produits, assimilation par l'animal, ressources locales) ? **Rebondir sur les objectifs qui sont cités** : qu'est-ce qu'il y a derrière ? Comment caractérisez-vous ces objectifs (environnementaux, sociaux, économiques) ?

Pourquoi cet objectif est-il important ? Y a-t-il un objectif plus important que les autres ? Quel est-il ? Comment hiérarchisez-vous les objectifs entre eux ?

Quand il y a deux ateliers, y a-t-il une complémentarité entre les ateliers pour l'utilisation des ressources alimentaires ? Comment se traduit cette complémentarité ? Ou les ateliers sont-ils totalement indépendants ? Comment faites-vous le choix pour l'attribution des MP ?

Objectif	Nature (env, social, eco, sécurité)	Echelle	Importance (0-5)	Comment quantifier

Existe-t-il un facteur incertain (hors de votre contrôle) qui affecte de manière significative votre prise de décision (par exemple, des prix, des ressources, une production, une demande) ?

Quelles seraient les raisons pour changer le régime alimentaire de vos animaux ?

Variables de décisions

Comment les objectifs assignés à l'utilisation des ressources pour l'alimentation animale peuvent-ils être atteints ? Quelles décisions devez-vous prendre pour atteindre vos objectifs ? Comment le mesurer/quantifier ?

Contrôlez-vous, surveillez-vous, supervisez-vous automatiquement l'efficacité des aliments que vous fournissez à vos animaux ?

Contraintes

Quelles sont les **contraintes** que vous avez dans le choix des aliments ou la formulation des aliments pour vos animaux ? (Démarche de qualité, saisonnalité, etc). Y a-t-il un **cahier des charges** à respecter ?

Quels sont les facteurs limitants dans le choix des MP pour l'alimentation animale ? A quels critères doivent répondre les MP utilisées ? Y a-t-il des limites inférieures ou supérieures ?

Industriels – présentation générale (30 min)

Description de la structure et du poste de la personne interrogée

Pouvez-vous présenter la structure ? Quel est votre rôle dans la structure ?

Quelles sont les missions de l'entreprise ?

A quelle échelle prenez-vous des décisions ? Vis-à-vis de qui ? Qui est impacté par les décisions ?

Qui sont les clients de l'entreprise ?

Utilisation et gestion des ressources locales

Est-ce que vous produisez des ressources destinées à l'alimentation animale ?

Ressources produites	Procédé de fabrication	Destination, débouché (Détailier acheteur et utilisateur)	Volume utilisé avec l'unité renseignée

Contraintes et objectifs (45 min)

Objectifs

Qu'est ce qui est important dans le fonctionnement de l'entreprise ? Quelles sont les valeurs de l'entreprise ?

Vous produisez des ressources sur le territoire, qu'est ce qui est important pour vous concernant leur production, leur débouché, leur utilisation ?

Quels sont vos grands objectifs, votre stratégie concernant votre production ? (Produire en quantité suffisante, le plus possible, faire des produits de qualité, utiliser des ressources locales, avoir des débouchés localement, etc. ?) Pourquoi cet objectif est-il important ? Y a-t-il un objectif plus important que les autres ? Quel est-il ? Comment hiérarchisez-vous les objectifs entre eux ?

Quels sont les objectifs environnementaux, sociaux, économiques ou de sécurité importants ?

Comment ces objectifs peuvent-ils être atteints ? De quel type d'information avez-vous besoin pour évaluer vos objectifs ? Quels sont les facteurs/variables qui influencent les valeurs de vos objectifs ?

Comment se fait l'allocation des ressources sur le territoire ? Quel est votre pouvoir de décision dessus ?

Objectif	Nature (env, social, eco, sécurité)	Echelle d'impact	Importance (0-5)	Comment quantifier

Existe-t-il un facteur incertain (hors de votre contrôle) qui affecte de manière significative votre prise de décision (par exemple, des prix, des ressources, une production, une demande) ?

Variables de décisions

Comment les objectifs assignés à l'utilisation des ressources pour l'alimentation animale peuvent-ils être atteints ? Quelles décisions devez-vous prendre pour atteindre vos objectifs ? De quel type d'information avez-vous besoin pour évaluer vos objectifs ? Comment les mesurer/quantifier ?

Contraintes

Quels sont les facteurs limitant vos objectifs et (ou) vos variables de décision ? Existe-t-il des limites inférieures et supérieures pour les variables de décision ?

Quels sont les facteurs limitants dans le choix des MP pour l'alimentation animale ? A quels critères doivent répondre les MP/aliments ? Y a-t-il des limites inférieures ou supérieure ?

Coopératives – présentation générale (30 min)

Description de la structure et du poste de la personne interrogée

Pouvez-vous présenter la structure ? Quel est votre rôle dans la structure ?

A quelle échelle prenez-vous des décisions ? Vis-à-vis de qui ? Qui est impacté par les décisions ? Qui sont les adhérents de la coopérative ? Quel pouvoir de décision ont-ils ?

Quelles sont les missions de la coopérative ?

Utilisation et gestion des ressources locales

Quelles sont les ressources locales utilisées en alimentation animale que vous gérez ? soit parce que vous les produisez / achetez / vendez / utilisez pour alimenter des animaux ?

Matière première	Production/ achat/vente	Destination, débouché	Types animaux concernés (si destination alim)	Volume produit

Contraintes et objectifs (45 min)

Objectifs

Qu'est ce qui est important dans le fonctionnement de la coopérative ? Quelles sont les valeurs de la coopérative ?

Vous produisez et/ou gérez des ressources sur le territoire, qu'est ce qui est important pour vous concernant leur production, leur débouché, leur utilisation ? (Question générale sur l'ensemble des ressources gérées/utilisées par la coopérative).

Particulièrement concernant les produits et co-produits qui peuvent être utilisés en alimentation animale, qu'est ce qui est important pour vous sur leur production, leur débouché ?

Quels sont vos grands objectifs, votre stratégie concernant votre activité de production/commerce/... ? (Produire en quantité suffisante, le plus possible, faire des produits de qualité, utiliser des ressources locales, avoir des débouchés localement, etc. ?) Pourquoi cet objectif est important ?

Concernant plus particulièrement les ressources pour l'alimentation animale que vous gérez, quels sont les objectifs de votre activité ? Ces objectifs sont-ils différents s'il s'agit de co-produits ?

Avez-vous des objectifs de natures différentes (environnementaux, sociaux, économiques ou de sécurité) ? comment faites-vous la différence ? Qu'est-ce qui est le plus important ? Pourquoi ?

Objectif	Nature (env, social, eco, sécurité)	Echelle	Importance (0-5)	Comment quantifier

Existe-t-il un facteur incertain (hors de votre contrôle) qui affecte de manière significative votre prise de décision (par exemple, des prix, des ressources, une production, une demande) ?

Variables de décisions

Comment mesurer la réalisation d'un objectif ?

Comment ces objectifs peuvent-ils être atteints ? De quel type d'information avez-vous besoin pour évaluer vos objectifs ? Quels sont les facteurs/variables qui influencent les valeurs de vos objectifs ?

Quelles sont les décisions que vous prenez qui influencent la réalisation de ces objectifs ?

Contraintes

Quels sont les facteurs limitant vos objectifs et (ou) vos variables de décision ? Existe-t-il des limites inférieures et supérieures pour les variables de décision ?

Quels sont les facteurs limitants dans le choix des MP pour l'alimentation animale ? A quels critères doivent répondre les MP/aliments ? Y a-t-il des limites inférieures ou supérieure ?

Partie 3 – Construction de diagrammes des acteurs et des ressources (45 min)

Quelle est la vision de l'enquêté sur les acteurs et les ressources du territoire ? Question posée : Comment sont utilisées et gérées les ressources locales à destination de l'alimentation animale ? Nous allons d'abord aborder « qui gère ces ressources ? c'est-à-dire qui les produit, les fournit, les partage, les utilise ? » puis « quelles sont ces ressources ? » puis « quelles dynamiques spatiales et temporelles » ?

Acteurs - « quels sont les principaux acteurs qui semblent pouvoir ou devoir jouer un rôle décisif dans la gestion [des ressources locales pour l'alimentation animale] ? » (Etienne, 2010)

Selon vous, quels sont les acteurs impliqués dans la production, la gestion et l'utilisation des co-produits sur le territoire ? Quels sont les acteurs qui vont avoir, de près ou de loin, une influence sur les MP utilisées pour l'alimentation animale ?

Prendre en note sur fichier ppt ou avec des post-it sur une feuille A3 les acteurs. Faire reformuler, choisir des termes sans ambiguïtés.

Quels sont les acteurs directs, indirects ? Les acteurs directs sont les acteurs qui agissent directement sur les ressources, en les produisant, les récoltant, les vendant, les utilisant. Les acteurs indirects influencent les actions des acteurs directs sur les ressources (ex : conseil).

Identifier par un code couleur les acteurs directs-indirects (postit de couleurs différentes). S'il y a ambiguïté entre acteur et ressource (ex : troupeau), se poser la question si cette entité est autonome (elle choisit ce qu'elle fait, où elle mange, ce qu'elle mange), si oui c'est plutôt un acteur.

(Comment) interagissent-ils ? Quels sont les liens entre ces acteurs ? Quelle est cette relation (répondre généralement par un verbe) ?

Rapprocher les acteurs qui interagissent, faire les liens et nommer ces liens.

Quels sont les 3 acteurs les plus importants pour vous parmi ceux cités ? En quoi sont-ils importants ? Quel est leur rôle ?

1	2	3

Pour chaque acteur direct, quelles sont les entités de gestion utilisées, à quelle échelle travaille cet acteur ?

Ressources - « Quelles sont les principales ressources du territoire utilisées pour l'alimentation animale ? » Dans ce cadre, une ressource est un bien ou un produit mobilisé par au moins un des acteurs du territoire. Les ressources fonctionnant comme des variables exogènes mais dont les caractéristiques sont déterminantes dans le fonctionnement du système sont également indiquées.

Quelles sont les ressources mobilisées par les acteurs dans le cadre de l'alimentation animale ? D'où viennent ces ressources ? Quelles sont les autres utilisations possibles de ces ressources ?

Comment ces ressources sont-elles perçues ? (Indicateur)

Regrouper les ressources au sein de catégories (bâti, eau, pierre, végétal et animal). Préciser si la ressource est temporaire.

Quelles sont les 5 ressources qui vous semblent les plus importantes ?

1	2	3	4	5

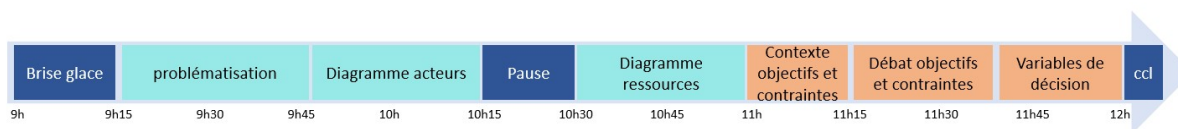
Annexe 4 : Déroulé de l'atelier

Références des diapositives

Activités prévues – détail de la mise en forme

Sessions de l'atelier

Déroulé de l'atelier :



L'atelier réunit 5 participants, acteurs dans le domaine de l'alimentation animale dans les Hauts-de-France. L'atelier est organisé dans le cadre de démarche participative sur la problématique de l'optimisation des ressources locales pour l'alimentation animale. Il fait suite à 12 entretiens qui ont été menés avec ces mêmes acteurs et d'autres. Les entretiens avaient pour but de recenser les points de vue de chacun sur les acteurs et les ressources du territoire en lien avec les coproduits et l'alimentation animale, à travers la construction de diagrammes et de comprendre les rôles, objectifs et contraintes de chacun. Ce sont des étapes préliminaires à la création d'un modèle d'optimisation multi objectif.

L'objectif de cet atelier est de présenter la première analyse du territoire et de la question qui a été réalisée à partir des informations récoltées lors des entretiens et de se mettre d'accord sur une problématique commune à traiter. Il s'agit également de fixer les limites du système et valider la formulation des objectifs et des contraintes des acteurs du territoire.

L'atelier est organisé sur une matinée, sur une séance de 3h d'échange. Après une mise en route (brise-glace), et un échange sur la problématique afin de vérifier que les participants la valident, l'atelier permet une réflexion sur les diagrammes des acteurs et ressources puis sur la compréhension et formulation des objectifs et contraintes.

Tous les enquêtés n'ont pas pu être présents pour cet atelier. Un compte-rendu sera réalisé à la suite de l'atelier pour recenser les réflexions et décisions prises. **L'atelier est enregistré.** Matériel : dictaphone.

0) Brise-Glace (15 min)

L'objectif de cette mise en route est de faire connaître les participants entre eux et de les mettre à l'aise pour la suite de la matinée.

Activité : Présentation à partir d'une Image. Des images sont posées sur la table. Chacun choisi une image et a tour de rôle se présente (nom, prénom, structure, fonction) et explique pourquoi il a choisi cette image (attendu de la réunion, état d'esprit ...)	Matériel : <ul style="list-style-type: none">• carte de DIXIT Durée : 15 min Adèle : explication de l'activité + se présenter aussi Florence : se présenter
--	---

1) Problématisation (30 min)

Présenter le contexte et l'exercice de problématisation – **diapo 2**

Le projet de recherche est de mettre à disposition des outils de modélisation pour permettre d'objectiver des décisions et des choix concernant l'utilisation des coproduits dans le territoire des Hauts-de-France. La proposition de recherche est de se baser sur une démarche participative afin de répondre à des enjeux qui viennent du territoire.

Les outils de l'INRAE sont la modélisation et l'optimisation multiobjectif et les enjeux sont environnementaux et territoriaux. Il s'agit dans un premier temps de comprendre les besoins du territoire et de construire des solutions ensemble.

Les entretiens et les discussions avec les personnes du terrain ont permis de mettre en évidence des enjeux sur le territoire. Les nombreuses industries agroalimentaires de la région proposent des coproduits à valoriser en alimentation animale. Les enjeux du territoire sont économiques, les acteurs ont des objectifs individuels sur ce plan. Les enjeux sont également environnementaux, sans être prioritaires pour tous les acteurs sur le territoire, ce sont des transitions qui sont nécessaires à moyen terme. Aussi, la gestion des coproduits regroupe de nombreux acteurs avec des intérêts différents, s'organisant sur le même territoire avec donc une cohérence commune. Ces points nous semblent répondre à une recherche de compromis et nous ont amené à réfléchir à la question de l'utilisation des coproduits sur le territoire, et pour prendre en compte ces enjeux, à poser la question de l'« **équilibre entre les différents usages des coproduits locaux pour atteindre le meilleur bilan économique et environnemental des exploitations et du territoire ?** »

Vérifier la compréhension de la question, étape de reformulation et consolidation de la question.
- diapo 2

Le premier enjeu de l'atelier est de s'assurer que les participants ont bien compris la question, la problématique de travail. Pour le vérifier, un exercice de questions et reformulations est proposé.

<p>Activité : notez sur un post-it, une idée qui vous vient avec cette question. Discuter de la question, reformuler et proposer une autre question si besoin, s'il la première ne répond pas à certaines thématiques importantes.</p>	<p>Matériel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Postit + patafik • Grande feuille où mettre les post-it <p>Durée : 5 min individuelle + 15 min commun</p> <p>Adèle : introduction du contexte et de la problématique et relance</p> <p>Florence : prise de notes et relance</p>
---	--

Ensuite, il s'agit de vérifier que la question répond à des enjeux qui sont partagés par tous. Pour cela, nous demandons aux participants leur degré d'intérêt pour la question.

<p>Activité constellation : les participants se place sur une échelle de 1 à 5 de degré d'intérêt et explique pourquoi et comment reformuler la question pour augmenter leur intérêt.</p>	<p>Matériel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un mur avec feuille cible ou une chaise <p>Durée : 10 min</p>
--	---

	Adèle : présentation de l'activité et question explication Florence :
--	---

En fonction des réponses aux questions précédentes, une proposition de nouvelle question est possible. La question est consolidée.

Activité : noter la question sur un tableau, visible de tous pour l'avoir sous les yeux tout au long de l'atelier.	Matériel : • Une feuille blanche ou tableau blanc Durée : 1 min Adèle : Florence :
---	--

2) Acteurs et ressources (1h)

Une fois que la problématique est posée, il faut définir les limites du système en déterminants les acteurs et les ressources qui sont effectivement impliqués dans la problématique. Nous proposons de faire cela par la validation de deux diagrammes globaux des acteurs et des ressources.

Explication de la méthodologie utilisée pour la construction des diagrammes finaux. (10 min)
– diapo 3

12 entretiens ont permis de construire avec les enquêtés 11 diagrammes d'acteurs et 10 diagrammes de ressources, comptabilisant au total 62 et 73 intitulés respectivement d'acteurs et de ressources.

Lors de l'analyse, les acteurs ont été regroupés en 17 catégories, selon leur fonction (traduite par les relations entre acteurs). Ces catégories permettent une représentation globale alors même que le niveau de détail n'a pas été le même pour tous les diagrammes. Concernant les ressources, ce sont 15 catégories qui ont été faites, à partir des tables AFZ-INRAE donc traduisant des propriétés nutritionnelles.

Ce sont ces catégories qui ont été analysé, l'occurrence et l'importance. Toutes les catégories ont tout de même été représentées dans les diagrammes finaux.

L'objectif de cette partie est de valider avec les participants les catégories qui ont été faites et s'assurer qu'elles sont un bon point de départ et une bonne référence à la réponse à la question.

Validation du diagramme des acteurs – diapo 4

Activité : Proposition du diagramme des acteurs en format papier, sur des post-it pour pouvoir les bouger. <i>Comment modifier les relations ?</i> Tous les acteurs ont-ils bien un rôle sur la question posée dans le territoire ?	Matériel : • Le diagramme des acteurs • des post-it avec les catégories d'acteurs à organiser + patafik • Tableau blanc et veleda
--	--

<p>Manque-t-il des acteurs ? En quoi sont-ils importants dans le diagramme ?</p> <p>Les catégories d'acteurs sont-elles pertinentes ? Le niveau de détail des acteurs est-il le bon ? Qu'est-ce qui distingue ces acteurs (si choix de détailler les catégories).</p>	<p>Durée : 25 min</p> <p>Adèle : Présentation de la méthodo + relance</p> <p>Florence : Relance</p>
---	---

Une pause de 15 min est proposée. – diapo 5

Validation du diagramme des ressources – diapo 6

<p>Activité : Proposition du diagramme des ressources en format papier, sur des post-it pour pouvoir les bouger</p> <p>Quel niveau de détail ? Quelle catégorisation ?</p> <p>Est-ce que toutes les ressources citées ont bien un intérêt par rapport à la question ?</p> <p>Quelle temporalité des ressources citées ?</p> <p>Proposer plusieurs catégorisations de ressources, selon l'origine, la destination, les propriétés nutritionnelles, autre.</p>	<p>Matériel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • un diagramme préparé • des post-it avec les catégories de ressources à organiser + patafik • Un tableau blanc pour les catégories + des feutres veleda <p>Durée : 25 min</p> <p>Adèle : présentation du diagramme + débat, relance</p> <p>Florence : prise de notes + relance</p>
---	---

A la fin de cette seconde partie, les deux diagrammes sont gardés en mémoire.

3) Objectifs et contraintes (1h)

Les entretiens ont également permis de connaître une partie des objectifs et contraintes individuels et collectifs des acteurs du terrain. Comme évoqué en introduction, il semble que les objectifs des acteurs peuvent être conflictuels, mais avec un intérêt commun autour des coproduits et l'enjeu et donc de trouver un compromis. Un compromis est un arrangement entre des acteurs ayant des objectifs incompatibles.

Définitions et présentation des objectifs et des ressources. – diapo 7

Pour bien distinguer objectifs et contraintes, rappelons les définitions.

Objectif : but que l'on cherche à atteindre, idéal qui n'a pas de limites. (Traduit par une maximisation ou minimisation).

Contrainte : règle obligatoire qui permet de traduire une réalité.

Diapo 8 à 11 - L'analyse des entretiens ont permis de mettre en évidence des enjeux du territoire, qui résultent des objectifs et des contraintes de chacun sur le territoire. C'est notre propre analyse, qui est subjective et incomplète mais qui a cherché à comprendre les principaux enjeux. L'objectif est de vérifier et valider ces enjeux avec les participants. (paragraphe suivants qui reprennent le document de contexte)

Présentation d'une liste d'objectifs et de ressources – diapo 12

Le tableau (présent sur la diapositive) énumère pour les acteurs directs leurs objectifs et contraintes.

Acteurs	Objectifs	Contraintes
Industriels	Vendre les coproduits au prix le plus cher Réduire les émissions de GES de l'entreprise	Avoir autant de débouchés en coproduits liquides que ce qui est produit Transport des coproduits liquides limité en distance et en temps
Eleveurs	Avoir toujours du stock pour l'alimentation des animaux Avoir un coût de l'alimentation le plus faible possible Avoir une bonne valeur nutritive des MP produites à la ferme Avoir des animaux en bonne santé	Respecter les cahiers des charges sur l'alimentation Avoir une composition de l'aliment stable Capacité de stockage dans les exploitations
Fabricants d'aliments	Vendre des aliments en faisant de la marge ou du volume Utiliser des ressources locales	Diminution du nombre d'éleveurs Produire des aliments avec des formules régulières Contraintes physiques mécaniques des MP
Structure d'approvisionnement en coproduits	Acheter le maximum de volume de coproduits Avoir des flux de livraison les plus courts Valoriser la production localement	Distribuer l'ensemble des coproduits achetés Garder des contacts et des volumes avec les fournisseurs Utilisation de taille de camion standardisée
Méthanisation	Acheter le maximum de volume de coproduits	Avoir une ration équilibrée pour le méthaniseur Avoir des ressources méthanogènes

<p>Activité : vérifier que les objectifs sont bien des objectifs et pareil pour les contraintes Faut-il reformuler les objectifs ? Quels objectifs sont les plus importants ? Y a-t-il des objectifs parmi la liste qui sont partagés par plusieurs acteurs ?</p>	<p>Materiel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Support powerpoint <p>Durée : 25 min Adèle : relance Florence : relance</p>
--	---

Proposition de variable de décision – diapo 13

Les variables de décisions sont les variables qui permettent de répondre à la question posée, celles qui sont calculées avec le modèle. Dans notre cas, il s'agit d'un problème de formulation et d'allocation des ressources. Il peut s'agir de l'usage des coproduits et des autres matières premières. Dans ce cas, le point important est de définir les ressources et le niveau de regroupement des ressources. Au-delà de la formulation des variables de décision, cette partie

reprend les catégories de ressources qui ont été faites et permet de décider de quelles catégories choisir et de formuler les variables de décisions en conséquence.

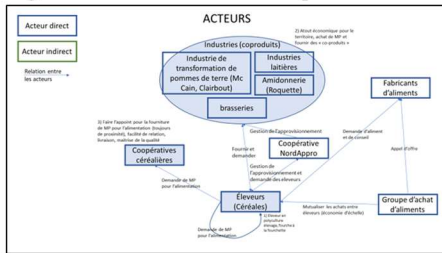
<p>Activité : présentation des variables de décision. Lien avec les catégories de ressources qui ont été faites pour choisir les variables de décisions. Pour répondre à la question, faire voter (dot voting) quelle catégorisation est la mieux.</p> <p>Nombre de gommettes = nombre de catégorie – 1 (ou 2 à partir de 5 catégories).</p> <p>Préciser les variables de décision suivant la ou les catégories les plus choisies.</p>	<p>Matériel :</p> <ul style="list-style-type: none">• Support powerpoint• gommettes <p>Durée : 15 min</p> <p>Adèle : explication des votes</p> <p>Florence :</p>
---	---

4) Conclusion

Quid de la question proposée au début

Annexe 5 : Etapes d'analyse des diagrammes de acteurs

1) Diagramme des acteurs construit pendant l'entretien



2) Retranscription du diagramme dans un tableau Excel

Acteurs mentionnés					
matricule	acteur intitulé enquêté	potentiel groupe mentionné	direct ou indirect	numération d'importance	raison importance
11	Eleveurs		DIRECT	1	en polyculture élevage, fourche à la fourchette
11	coopérative Nord Appro		DIRECT		
11	amidonnerie (Roquette)	industries	DIRECT	2	atout économique pour le territoire, achat de MP et fournir des "coproduits"
11	brasseries	industries	DIRECT	2	atout économique pour le territoire, achat de MP et fournir des "coproduits"
11	fabricants d'aliments		DIRECT		
11	industrie de transformation de pommes de terre (Mc Cain, Clair bout)		DIRECT	2	atout économique pour le territoire, achat de MP et fournir des "coproduits"
11	groupe d'achat d'aliment		DIRECT		
11	Industries laitières	industries	DIRECT	2	atout économique pour le territoire, achat de MP et fournir des "coproduits"
11	coopératives céréalières		DIRECT	3	faire l'appoint pour la fourniture de MP pour l'alimentation, faciliter les relations, la livraison, maîtriser la qualité

Relations entre les acteurs

matricule	acteur émetteur	acteur destinataire	relation
11	éleveurs	éleveurs	demande de MP pour l'alimentation
11	éleveurs	fabricants d'aliments	demande d'aliments et de conseil
11	industrie de transformation de pommes de terre (Mc Cain, Clairbout)	Eleveurs	fournir
11	brasseries	éleveurs	Fournir
11	industries laitières	éleveurs	fournir
11	amidonnerie (Roquette)	éleveurs	fournir
11	éleveurs	industrie de transformation de pommes de terre (Mc Cain, Clairbout)	demander
11	éleveurs	brasseries	demander
11	éleveurs	industries laitières	demander
11	éleveurs	amidonnerie (Roquette)	demander
11	groupe d'achat d'aliment	éleveurs	mutualiser les achats entre éleveurs (économie d'échelle)
11	éleveurs	coopérative céréalière	demande de MP pour l'alimentation
11	éleveurs	industrie de transformation de pommes de terre (Mc Cain, Clairbout)	demande de MP pour l'alimentation
11	coopérative NordAppro	brasseries	gestion de l'approvisionnement
11	coopérative NordAppro	industries laitières	gestion de l'approvisionnement
11	coopérative NordAppro	amidonnerie (Roquette)	gestion de l'approvisionnement
11	groupe d'achat d'aliment	fabricants d'aliments	appel d'offre
11	coopérative Nord Appro	éleveurs	gestion de l'approvisionnement
11	éleveurs	coopérative NordAppro	demande de MP pour l'alimentation

3) Affectation des intitulés d'acteurs mentionnés dans les catégories proposées

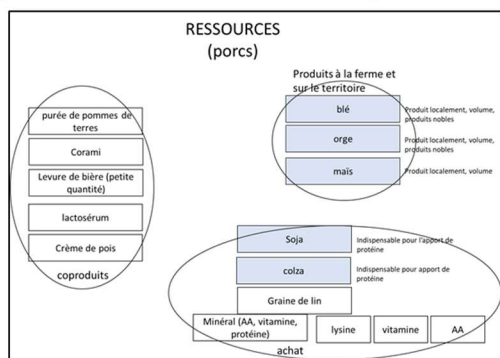
acteur intitulé enquêté	Catégories proposées
Eleveurs	agriculteurs
coopérative Nord Appro	vendeur de coproduits
amidonnerie (Roquette)	industriels
brasseries	industriels
fabricants d'aliments	fabricant d'aliments
industrie de transformation de pommes de terre (Mc Cain, Clair bout)	industriels
groupe d'achat d'aliment	structures d'approvisionnement
Industries laitières	industriels
coopératives céréalières	vendeur de céréales

4) Compilation des entretiens et tableau croisé dynamique

Étiquettes de lignes	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	Total général
agriculteurs	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	2	15
industriels	1	5	1	1	5	1	1	8	2	4	2	31
méthanisation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6
structure de financement			1						2			3
structures d'approvisionnement		1					1	1	1			4
transporteurs	1		1	1								3
chambre d'agriculture	1	1	1	1					1			5
vendeur de coproduits	2	2	1	2	5	1	1	2	1			17
fabricant d'aliments	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1		8
vendeur de céréales	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1		11
fabricant de minéraux		1	1	2	1							5
autre conseiller				1	1	2			1			5
groupement porcin			1	1								2
conseil génétique		1	1									2
nutritionniste	1	1	1	1	1	1						4
vétérinaire		1	1	1	1	1						4
association fafeurs	1											1
lycée agricole		1										1
coopérative					1							1
consommateur						1						1
intégrateurs						1						1
organisme certificateur						1						1
presse agricole						1						1
semencier						1						1

Annexe 6 : Etapes d'analyse des diagrammes des ressources

1) Diagramme des ressources construit pendant l'entretien



2) Retranscription du diagramme dans un tableau Excel

matricule	ressource	catégorie	numéro d'importance	raison importance
11	blé	produits à la ferme et sur le territoire	1	produit localement, volume, produit noble
11	maïs	produits à la ferme et sur le territoire	1	produit localement, volume, produit noble
11	orge	produits à la ferme et sur le territoire	1	produit localement, volume, produit noble
11	colza	achat	4	indispensable pour l'apport de protéine
11	soja	achat	4	indispensable pour l'apport de protéine
11	acide aminé	achat		
11	Corami	coproduits		
11	crème de pois	coproduits		
11	graine de lin	achat		
11	lactosérum, perméa	coproduits		
11	levure de bière (petite quantité)	coproduits		
11	lysine	achat		
11	minéral	achat		
11	purée de pommes de terre	coproduits		
11	vitamine	achat		

3) Affectation des intitulés d'acteurs mentionnés dans les catégories proposées

Ressource	intitulé enquêté	Catégories proposées
blé		céréales
maïs		céréales
orge		céréales
colza		tourteaux
soja		tourteaux
acide aminé		acides aminés et autre produits
Corami		coproduits de céréales
crème de pois		autres coproduits
graine de lin		graines oléo-protéagineux
lactosérum, perméa		coproduits de laiteries
levure de bière (petite quantité)		autres coproduits
lysine		acides aminés et autre produits
minéral		minéraux
purée de pommes de terre		coproduits de racines et tubercules
vitamine		acides aminés et autre produits

4) Compilation des entretiens et tableau croisé dynamique

Matricule des enquêtés →	1	2	3	4	7	8	9	10	11	12	Total général
acides aminés et autre produits			1			1				3	5
aliments complets			1			1					2
autres				1	1			1		1	4
autres coproduits	3	2	2	4	1		5	1	3	2	23
céréales	1	1	2	3	1	2	1	1	3	1	16
coproduits de céréales	2					2			3	1	8
coproduits de racines et tubercules	1				1		1	1	1	1	6
eau							1				1
fourrage, herbe et assimilé	3		2		2	1	1		1	1	10
graines oléo-protéagineux	1			1			2	1	1		6
huiles et corps gras					2						2
minéraux		1	1		1		1	1	1		6
racines, tubercules			2			1					3
sol						1	1				2
tourteaux	1	1	2	1	2	1	1		2		11

nombre d'enquêté 10

acides aminés et autre produits	3
aliments complets	2
autres	4
autres coproduits	9
céréales	10
coproduits de céréales	4
coproduits de racines et tubercules	6
eau	1
fourrage, herbe et assimilé	6
graines oléo-protéagineux	5
huiles et corps gras	1
minéraux	6
racines, tubercules	2
sol	2
tourteaux	8

Annexe 7 : Catégorisations des acteurs cités dans les diagrammes des acteurs

Intitulé cité par les enquêtés	Catégories d'acteurs
agriculteur céréalier	agriculteurs
agriculteurs producteurs de céréales	agriculteurs
agriculteurs qui vendent céréales	agriculteurs
agriculteurs, éleveurs	agriculteurs
cultivateurs	agriculteurs
éleveurs	agriculteurs
airFAF	association fafeurs
conseil en élevage	autre conseiller
conseillers GEDA, CUMA	autre conseiller
organisme de conseil coopératif	autre conseiller
organisme de conseil privé (ex : pâture sens)	autre conseiller
Techniciens (minéralier, nutritionniste, chambre d'agriculture, groupements), vétérinaires	autre conseiller
chambre d'agriculture	chambre d'agriculture
firme génétique	conseil génétique
gène diffusion	conseil génétique
consommateurs	consommateur
coopérative	coopérative
fabricant d'aliment	fabricant d'aliments
Fabricants d'aliments belge	fabricant d'aliments
maison d'aliment (pour aliment complet)	fabricant d'aliments
Novial	fabricant d'aliments
vendeur d'aliment	fabricant d'aliments
agrifa	fabricant de minéraux
fabricant de minéraux (pour FAF)	fabricant de minéraux
fournisseurs de minéraux et AA (Agrifa, Vilofoss)	fabricant de minéraux
minéralier	fabricant de minéraux
vilofoss	fabricant de minéraux
coopérative porcine	groupement porcin
groupement (GPPMF, Suideal)	groupement porcin
agroindustrie	industriels
amidonnerie	industriels
biscuiteries, boulangerie	industriels
brasseries	industriels
distillerie	industriels
industrie agroalimentaire	industriels
industrie de transformation de pommes de terre (Mc Cain, Clairbout)	industriels
industriel (Tereos, Roquette)	industriels
industriels	industriels
industriels (Tereos, Roquette, Bonduelle, McCain, laiteries)	industriels
Industries laitières	industriels
laiterie	industriels
laiterie production de yaourt	industriels
laiterie, fromagerie	industriels

Mc cain	industriels
meunerie	industriels
Roquette	industriels
sucrerie	industriels
sucrerie (dont Tereos)	industriels
Tereos (Nesle)	industriels
usine de pommes de terre	industriels
entreprises privées	intégrateurs
intégrateurs	intégrateurs
lycée agricole	lycée agricole
méthanisateurs	méthanisation
nutritionniste	nutritionniste
nutritionniste indépendant	nutritionniste
nutritionnistes de firmes service	nutritionniste
organisme certificateur	organisme certificateur
presse agricole	presse agricole
semencier	semencier
agence de l'eau	structure de financement
banque	structure de financement
région (PRE)	structure de financement
coopérative d'approvisionnement	structures d'approvisionnement
entreprises privées qui distriduent	structures d'approvisionnement
groupe d'achat d'aliment	structures d'approvisionnement
la flandre Noriap	structures d'approvisionnement
transporteurs	transporteurs
coopérative céréalière	vendeur de céréales
négoce céréale	vendeur de céréales
négoce en alimentation	vendeur de céréales
négoce privé	vendeur de céréales
négociants	vendeur de céréales
Unéal	vendeur de céréales
autres producteurs de sous-produits	vendeur de coproduits
Cobévial	vendeur de coproduits
coopérative coproduits	vendeur de coproduits
coopérative NordAppro	vendeur de coproduits
duynie	vendeur de coproduits
Fournisseurs coproduits (Nord Appro, Duynies)	vendeur de coproduits
groupement (Cobévial)	vendeur de coproduits
Margaron	vendeur de coproduits
NordAppro	vendeur de coproduits
revendeur de coproduits (NordAppro, Ecopsi, Margeron, Rohé, Vilofross)	vendeur de coproduits
revendeurs de sous-produits	vendeur de coproduits
Roe	vendeur de coproduits
vendeur de sous-produits	vendeur de coproduits
vétérinaire	vétérinaire

Annexe 8 : Catégorisation des ressources citées dans les diagrammes des ressources

Intitulé cité par les enquêtés	Catégories de ressources
acide aminé	acides aminés et autre produits
lysine	acides aminés et autre produits
sels, minéraux, levures = condiment	acides aminés et autre produits
vitamine	acides aminés et autre produits
aliment complet	aliments complets
aliment composé	aliments complets
concentré du commerce	autres
concentrés énergétiques sous forme simple ou composé	autres
paille logement	autres
source de fibres (pulpe, coque de soja, luzerne)	autres
autres co-produits liquides	autres coproduits
autres sous-produits (corn feed, fibre de blé, milurex, résidus de pommes de terre)	autres coproduits
co produits liquides	autres coproduits
coproduits	autres coproduits
coproduits humides transformés (pulpes, drèches humides)	autres coproduits
co-produits secs	autres coproduits
coproduits secs transformés (pulpes sèches, corn gluten feed, amiplus)	autres coproduits
coproduits solides ou secs	autres coproduits
coque de soja	autres coproduits
crème de pois	autres coproduits
déchets agroalimentaires	autres coproduits
déchets de biscuits, de pain, chapelure, pâte à pizza	autres coproduits
déchets de cultures locales	autres coproduits
levure de bière	autres coproduits
levure de bière, drèche, levure sèche	autres coproduits
blé	céréales
céréale en autoconsommation	céréales
céréales	céréales
céréales à paille	céréales
concentré fermiers (céréales produites sur la ferme)	céréales
maïs	céréales
maïs humide	céréales
maïs sec	céréales
orge	céréales
coproduits secs issus de céréales (son, drèches)	coproduits de céréales
Corami	coproduits de céréales
corn feed	coproduits de céréales
farine, son	coproduits de céréales
soluble de blé (amidonnerie ou éthanol)	coproduits de céréales
soluble de blé, corn/wheat gluten feed	coproduits de céréales
solubles de blé, pulpes	coproduits de céréales

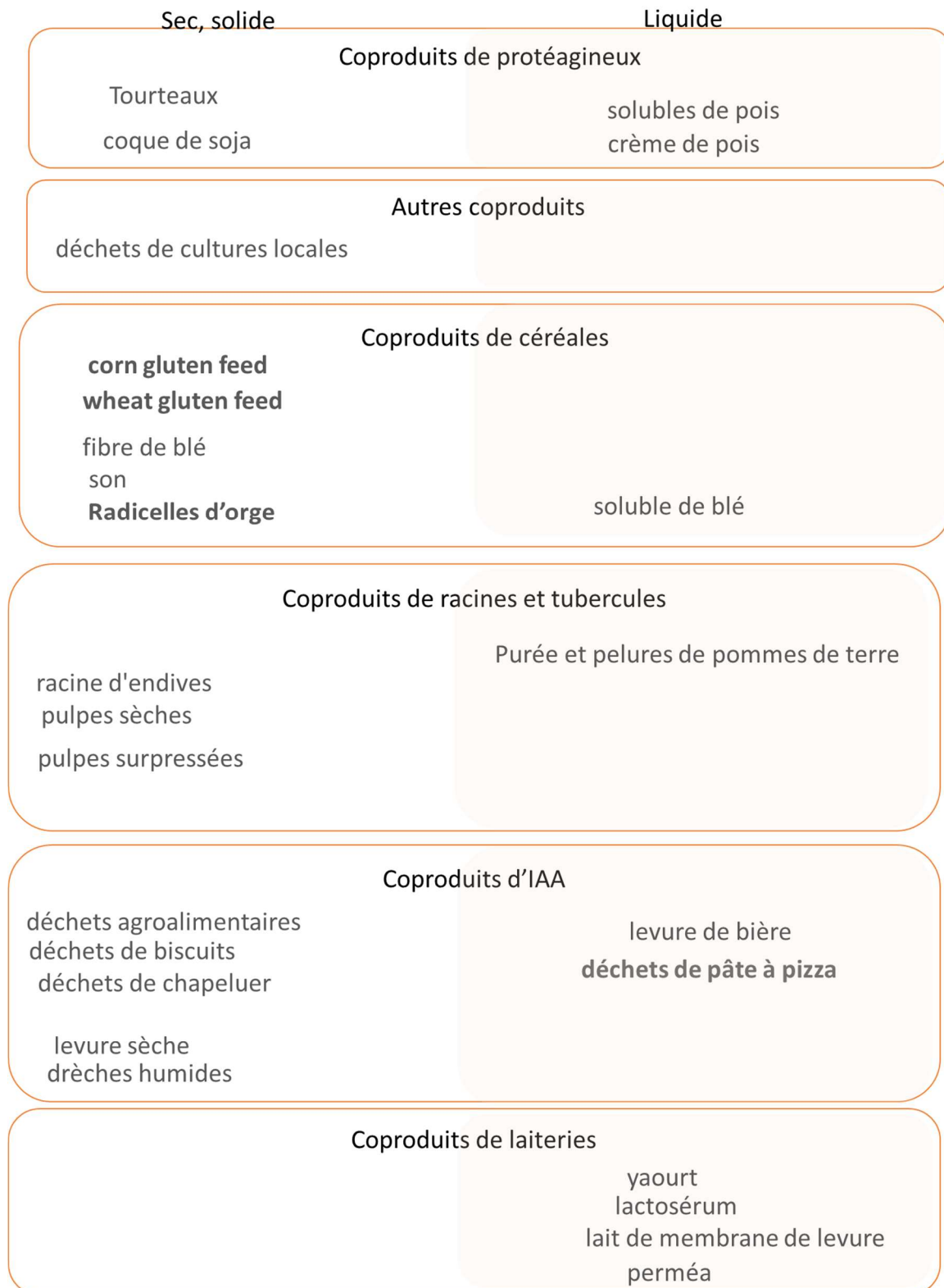
solubles de blés, coproduits secs, corn/wheat gluten feed, crème de pois, solubles de pois, pulpe de pois wheat feed	coproduits de céréales coproduits de céréales
lactosérum	coproduits de laiteries
lactosérum, perméa	coproduits de laiteries
yaourt	coproduits de laiteries
lactoserum, yaourt, lait de membrane de levure	coproduits de laiteries
coproduits humides bruts (racines d'endives, pommes de terre)	coproduits de racines et tubercules
pulpes sèches	coproduits de racines et tubercules
pulpes surpressées	coproduits de racines et tubercules
purée de pelure, purée de pommes de terre	coproduits de racines et tubercules
purée de pommes de terre	coproduits de racines et tubercules
purée de pommes de terre et pelures	coproduits de racines et tubercules
eau (réseau, forrage)	eau
betterave fourragère	fourrage, herbe et assimilé
fourrage (maïs, herbe récoltée et pâturée)	fourrage, herbe et assimilé
herbe	fourrage, herbe et assimilé
herbe (luzerne, trèfle, ray-gras)	fourrage, herbe et assimilé
herbe pâturée	fourrage, herbe et assimilé
luzerne	fourrage, herbe et assimilé
paille	fourrage, herbe et assimilé
correcteurs azotés (féveroles, pois, soja, colza)	graines oléo-protéagineux
graine de lin	graines oléo-protéagineux
oléoprotéagineux (feverole, pois)	graines oléo-protéagineux
protéagineux (pois, féverole)	graines oléo-protéagineux
oléagineux (huile)	huiles et corps gras
produits d'extraction (graine soja extrudée, féverole, lin)	huiles et corps gras
minéral	minéraux
minéraux et compléments alimentaires	minéraux
betterave	racines, tubercules
pommes de terre	racines, tubercules
sol	sol
surface agricole	sol
colza	tourteaux
soja	tourteaux
source de protéine (soja, colza)	tourteaux
tourteau (tournesol, colza, soja, cameline)	tourteaux
tourteaux	tourteaux

Annexe 9 : Diagrammes des ressources après discussion lors de l'atelier

Catégorisation selon l'apport nutritionnel des ressources :



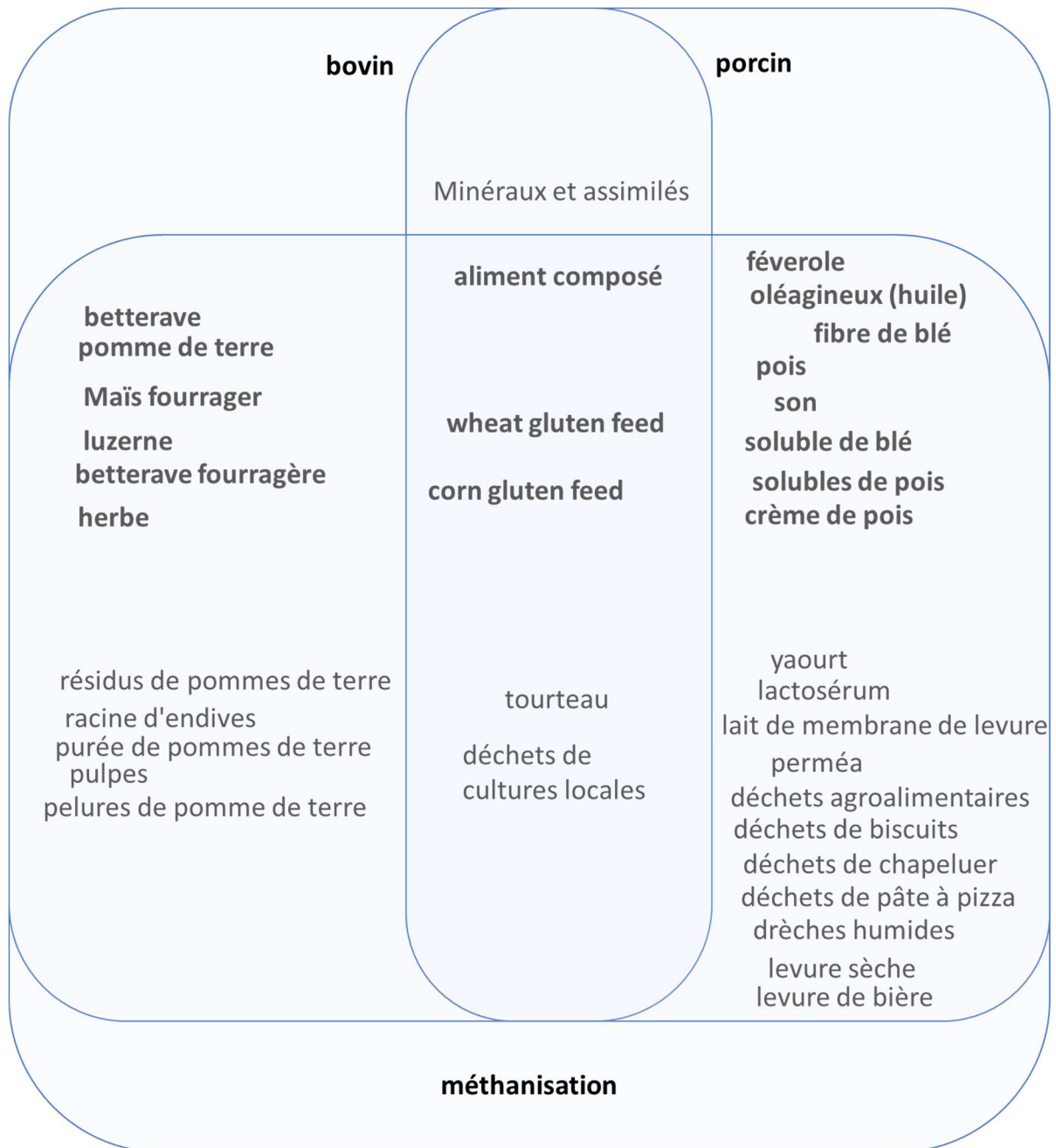
Catégorisation selon le type de coproduit :



Catégorisation selon la provenance :

Autoconsommé sur l'exploitation	luzerne betterave fourragère herbe Maïs fourrager déchets de cultures locales	
	céréales féverole pois	betterave pomme de terre
Produit sur le territoire	Coproduits de laiteries Coproduits de céréales Coproduits de racines et tubercules	aliment composé
	Coproduits d'IAA Pelures de pommes de terre	Minéraux et assimilés
Importé frontalier	luzerne Coproduits de protéagineux	oléagineux (huile)
	Tourteau de colza	
Importé loin	Tourteau de soja lin	AA

Catégorisation selon la destination :



Annexe 10 : Description et unité des variables des équations mathématiques

Variable	Description de la variable	Unité
A_k	taux d'autoconsommation de l'exploitation k.	Sans unité
P_k	cout de l'alimentation pour l'exploitation k.	€/an
P_l	revenu de l'industriel l (par la vente des ressources pour l'alimentation animale).	€/an
TC_k	taux d'incorporation des coproduits dans l'alimentation animale pour l'exploitation k	Sans unité
a_{ni}	proportion du nutriment n dans la ressource i	Sans unité
d_i	distance parcourue pour la ressource i.	km
$ges(sortie_champ)_i^k$	émissions de GES moyennes sur 1 an de la ressource i, produite sur l'exploitation k, en sortie de champ.	eqCO2/t
$ges(sortie_usine)_i$	émissions de ges moyennes sur 1 an de la ressource i, en sortie des usines.	eqCO2/t
$ges(transp)_i^c$	émissions de GES moyennes pendant 1 an liées au transport de la ressource i, gérée par l'intermédiaire c	eqCO2/t
$ges(transp)_i^{lk}$	émissions de GES moyennes du transport de la ressource i entre l'usine de l'industriel l et l'exploitation k.	eqCO2/t
p_i^l	prix de vente de la ressource i vendu par l'industriel l.	€/t
$p(trans)_i^{lk}$	prix du transport moyen de la ressource i de l'usine l à l'exploitation k	€/t
q_i^c	quantité de la ressource i distribuée par l'intermédiaire c pendant 1 an.	t/an
q_i^l	quantité de la ressource i fournie par l'industriel l pendant 1 an.	t/an
q_i^m	quantité de la ressource i utilisée dans l'unité de méthanisation m	t/an
GES_T	émissions de gaz à effet de serre à l'échelle du territoire	eqCO2/an
GES_c	émissions de gaz à effet de serre des ressources gérées par l'intermédiaire c entrée exploitation sur un an	eqCO2/an
GES_j	émissions de gaz à effet de serre de l'aliment j	eqCO2/an
GES_k	émissions de gaz à effet de serre liées à l'utilisation des ressources pour l'alimentation des animaux de l'exploitation k, sur un an	eqCO2/an
GES_l	émissions de gaz à effet de serre liées à la production des ressources pour l'alimentation animale de l'exploitation l	eqCO2/an
KC	taux d'exploitations qui utilisent des coproduits	Sans unité
D_i^l	taux de déshydratation de la ressource i chez l'industriel l	Sans unité

Annexe 11 : Données disponibles sur le territoire pouvant être utilisées pour le modèle d'optimisation multi-objectif

Données	Source	Disponibilité (ouverte ou restreint)	Echelle
Données technico-économiques des exploitations	GTE	Restreinte	Exploitation
Analyse de cycle de vie des MP	ECOALIM, AGRIBALISE	Ouverte	MP ou moyenne générale
Prix des productions	IFIP, IDELE		Régionale
Caractéristiques nutritionnelles des MP	FeedTable	Ouverte	Nationale
Données technico-économiques des élevages de bovins	INOSYS	Ouverte	Moyenne régionale pour une exploitation type
Volumes et prix des MP locales	Structures qui gèrent les ressources	Restreinte	Structure de gestion, territoire
Caractéristiques des troupeaux de truies	GTTT	Restreinte	Exploitation
Effectif des cheptels	SI BOAT, RGA 2020	Ouverte	Régional, territoire
Prix des MP et des aliments	Conjoncture IFIP, ITAVI	Ouverte	National
Volumes de coproduits	Rapport RESEDA	Ouverte	National

ABSTRACT

Faced with environmental challenges, it is crucial for the livestock sector to adopt sustainable practices while remaining competitive. One lever is animal feed and the use of local resources to limit dependence on imports, which needs to be considered on a regional scale. This report presents the implementation of a participatory approach to meet the challenge of optimising the use of local resources for animal feed through a case study in Hauts-de-France. The approach begins with a diagnostic step involving interviews with stakeholders of animal feed sector to understand their objectives and constraints, and more generally, the issues of the territory. These interviews also provided an opportunity to discuss the limits of the system by elaborating stakeholder and resource diagrams, based on the ARDI methodology. Following a thematic analysis, a workshop was then organised to encourage discussions between local stakeholders with different points of view. This collaborative process enabled the information gathered to be pooled and the objectives and constraints to be defined, some of which were then transcribed into mathematical form. The thematic analysis methodology, have to be adapted to suit the objectives, the time available and whether or not a workshop is organised. In Hauts-de-France region, the optimisation of local resources for animal feed focuses on the use of by-products. Many agri-food industries produce a large number of liquid by-products that are used by livestock farms. The associated constraints limit the possibility of using them. The optimisation model will make it possible to propose the best allocation of resources to meet the objectives of local stakeholders.

Key words: animal feed, territory, participative approach, multi-objective optimisation

