Rapport de stage de fin d'étude

Mise en place d'un outil de mesure du niveau de couplage cultures-élevages applicable à l'élevage porcin

Armelle VIRET

Année 2025-2026

Tuteurs professionnels :

MARTEL Gilles (INRAE – unité BAGAP)

MONTAGNE Lucile (L'Institut Agro Rennes – Angers – unité PEGASE)

FAURE Justine (L'Institut Agro Rennes-Angers – unité PEGASE)

Tutrice pédagogique :

PISSONNIER Solène (Agroparistech)

Remerciements

Je remercie tout d'abord le GIS Avenir Elevage qui a financé ce stage et m'a permis de réaliser cette belle expérience.

Un immense merci à mes encadrants, Gilles MARTEL, Lucile MONTAGNE et Justine FAURE pour le temps qu'ils m'ont accordé, leur aide et leurs conseils.

J'adresse également mes remerciements à Laurent ALIBERT, de l'IFIP et Constance DRIQUE, de la Chambre d'agriculture de Bretagne, pour leurs conseils, leurs remarques et leur aide pour l'obtention des données.

Je remercie également tous les éleveurs qui m'ont accordé du temps pour me recevoir et répondre à toutes mes questions.

Je remercie chaleureusement les membres de l'UP PA qui m'ont accueilli pendant ces 6 mois, pour les instants de bonne humeur et de prises de tête autour des mots croisés.

Un grand merci à l'ensemble des enseignants que j'ai rencontré au cours de mon parcours, et en particulier ceux de la spécialisation EDEN pour leur dévouement.

Je remercie également mes camarades pour leur soutien et les moments partagés.

Enfin, je remercie mes proches de toujours m'avoir soutenu dans mes études malgré mon parcours quelque peu chaotique et de m'avoir permis de trouver ma voie.

Table des matières

Remerciements 2
Liste des tableaux 4
Liste des figures 4
Liste des abréviations 5
Liste des codes d'indicateurs 5
Résumé 6
Abstract 6
Introduction 7
I - Contexte 8
I.A. Autonomie et circularité 8
I.B. Couplage 8
I.C. Outil NiCC'El 9
II - Matériel et méthode 11
II.A. Construction de la grille 11
II.A.1 Présentation des 4 dimensions 11
II.A.2 Dualité besoin-production 11
II.A.3 Présentation des indicateurs 11
II.B. Collecte des données 13
II.B.1 Plan d'échantillonnage 13
II.B.2 Obtention des données 13
II.B.3 Construction du questionnaire 14
II.B.4 Construction des bases de données 15
II.C. Démarche d'analyse des données 15
III - Résultats 16
III.A. Guide de calcul des indicateurs et grille 16
III.B. Caractéristiques de l'échantillon 18
III.C. Corrélations des indicateurs 24
III.D. Caractérisation du couplage par analyse multivariée 29
III.E. Différents profils de couplage 32
IV – Discussion 34
Conclusion et perspectives 35
Bibliographie 37
Annexes 39
Annexe 1 : Questionnaire d'enquête 39
Annexe 2 : Moyennes des caractéristiques des exploitations selon le niveau de couplage 42

Liste des tableaux

Tableau 1 : Grille d'évaluation du NiCC'El pour les ruminants (Martel et al., 2020) 9
Tableau 2 : Grille d'évaluation du NiCC'El pour les volailles de chair (Martel et al., 2020) 10
Tableau 3 : Grille des indicateurs et leur méthode de calcul 16
Tableau 4 : Complétude des indicateurs calculés par dimension pour chaque échantillon, en nombre d'exploitations 18
Tableau 5 : Complétude des indicateurs pour chaque échantillon 19
Tableau 6 : Caractéristiques des exploitations enquêtées de chaque échantillon, en nombre d'exploitations 20

Liste des figures

Figure 1 : Comparaison du nombre de porcs entre les deux échantillons 21
Figure 2 : Nombre d'animaux des autres ateliers de productions 21
Figure 3 : Comparaison entre les deux échantillons pour les indicateurs de surface (en pourcentage pour la SAU fertilisée et la SAU pour les animaux et en hectare pour les autres indicateurs) 22
Figure 4 : Comparaison entre les deux échantillons pour les indicateurs de la dimension alimentation des animaux 23
Figure 5: Comparaison entre les deux échantillons pour les indicateurs des dimensions effluents et litière 23
Figure 6 : Matrice de corrélation des indicateurs de la dimension surface 24
Figure 7 : Matrice de corrélation des indicateurs de la dimension alimentation 25
Figure 8 : Matrice de corrélation des indicateurs des dimensions effluents et litière 25
Figure 9 : Matrice de corrélation de l'ensemble des indicateurs 26
Figure 10 : Matrice de corrélation de tous les indicateurs pour les élevages de porc uniquement 27
Figure 11 : Matrice de corrélation de tous les indicateurs pour les élevages mixtes uniquement 28
Figure 12 : Matrice de corrélation des caractéristiques des exploitations 28
Figure 13 : Matrice de corrélation des indicateurs et des caractéristiques des exploitations 29
Figure 14 : Cercle de corrélation de l'ACP sur les axes 1 et 2 30
Figure 15 : Projection des individus sur le cercle de corrélation de l'ACP sur les axes 1 et 2 31
Figure 16 : Cercle de corrélation de l'ACP sur les axes 3 et 4 31
Figure 17 : Projection des individus sur le cercle de corrélation de l'ACP sur les axes 3 et 4 32
Figure 18 : Projection des individus colorés selon leur niveau de couplage sur les axes 1 et 2 33

Liste des abréviations

ACP : analyse en composantes principales
EBE : excédent brut d'exploitation
FAF : fabrique d'aliment à la ferme
SAU : surface agricole utilisée
SIQO : signe officiel d'identification de la qualité et de l'origine
TMP : taux de muscle par pièce
UTH : unités de travail humain

Liste des codes d'indicateurs

auto_alim : autonomie alimentaire (%)
auto_énergie : autonomie en sources d'énergie pour l'alimentation animale (%)
auto_fibres : autonomie en fibres (%)
auto_litière : autonomie en litière (%)
auto_prot : autonomie en matières premières riches en protéines (%)
autoconso_N : part d'azote issu de l'exploitation par rapport à l'azote consommé (%)
autres_PA : présence d'une autre production animale (1 si présence et 0 si absence)
céréales_animaux : part des céréales produits pour l'alimentation animale de l'exploitation (%)
effluents_mobilisés : part des effluents mobilisés sur l'exploitation (%)
fourrages_animaux : part de fourrages produits pour l'alimentation animale de l'exploitation (%)
mat_prot_animaux : part des oléo protéagineux produits pour l'alimentation animale de l'exploitation (%)
mod_alim : mode d'alimentation du cheptel (0 si aliment acheté, 1 s'il provient de la FAF)
nb_truie : nombre de truies de l'exploitation
ppa : nombre de porcs produits sur l'année
q_coproduits_alim : part des coproduits produits sur la ferme dans l'alimentation animale (%)
résidus_cultures_util : part des résidus de cultures mobilisés pour les animaux de l'exploitation (%)
SAU_ferti : part de SAU fertilisée avec les effluents d'élevage (%)
SAU_pour_animaux : part de SAU dédiée aux cultures pour l'alimentation animale de la ferme et au parcours (%)
surface_100ppa : surface pour 100 porcs produits pour un an (ha)
surface_truie : surface par truie (ha)
surface_UGB : surface par UGB (ha)

Résumé

Le développement de systèmes agricoles plus autonomes repose notamment sur le renforcement des complémentarités entre cultures et élevage. Dans les exploitations porcines, ces interactions présentent toutefois des spécificités liées à l'importance des aliments concentrés, à la fabrication d'aliment à la ferme (FAF) et à la faible utilisation de litière. Ce travail avait pour objectif de construire un outil permettant de mesurer le niveau de couplage culture-élevage dans les exploitations porcines, puis d'identifier différents profils d'exploitations selon leur niveau de couplage.

Une grille d'évaluation a été construite à partir de l'outil NiCC'El, adapté aux spécificités de l'élevage porcin. Elle comprend quatre dimensions : l'utilisation des surfaces, les ressources alimentaires et le lien au sol, l'usage et la valorisation des effluents, et l'usage et la valorisation des résidus de cultures. La grille a été appliquée à un échantillon de 216 exploitations, dont 31 disposaient de données suffisamment complètes pour réaliser une analyse en composantes principales (ACP). Les corrélations entre indicateurs mettent en évidence plusieurs relations entre autonomie alimentaire, utilisation des surfaces et gestion des effluents. L'ACP a permis de construire un score de couplage et de distinguer plusieurs niveaux de couplage. Les exploitations présentant les niveaux de couplage les plus élevés disposent toutes d'une FAF et possèdent généralement davantage de surfaces. Toutefois, la présence d'une FAF ne suffit pas à caractériser à elle seule un couplage élevé.

La grille constitue ainsi une première étape vers un outil de caractérisation du couplage culture-élevage en élevage porcin. Sa validation sur un échantillon plus large et plus représentatif, ainsi que l'amélioration de la collecte de certaines données, notamment sur l'azote minéral et les résidus de cultures, restent nécessaires.

Abstract

The development of more autonomous agricultural systems relies in particular on strengthening complementarities between crop production and livestock farming. In pig farming systems, however, these interactions have specific characteristics related to the importance of concentrated feeds, on-farm feed production, and the limited use of bedding. This study aimed to develop a tool to measure the level of crop–livestock integration on pig farms and to identify different farm profiles according to their level of integration.

An assessment grid was developed based on the NiCC'El tool and adapted to the specific characteristics of pig farming. It comprises four dimensions: land use, feed resources and soil linkage, the use and valorization of livestock manure, and the use and valorization of crop residues. The grid was applied to a sample of 216 farms, 31 of which had sufficiently complete data to perform a principal component analysis (PCA). Correlations between indicators revealed several relationships between feed self-sufficiency, land use, and manure management. PCA was used to construct an integration score and to distinguish several levels of crop–livestock integration. Farms with the highest levels of integration all had on-farm feed production and generally had larger areas of agricultural land. However, the presence of an on-farm feed mill alone was not sufficient to characterize a high level of integration.

The grid therefore represents a first step toward a tool for characterizing crop–livestock integration in pig farming systems. Its validation on a larger and more representative sample, together with improvements in the collection of certain data, particularly regarding mineral nitrogen and crop residues, remains necessary.

Introduction

Jusqu'au milieu du XXème siècle, le porc est un animal présent dans toutes les cours de ferme, à ce moment encore majoritairement en polyculture élevage (Marderos et al., 2014). Il y valorise les déchets et sa viande permet de nourrir la famille. Dans le contexte de l'après-guerre, le contexte socio-économique, avec l'injonction à nourrir la France, pousse l'agriculture française vers une meilleure productivité. L'élevage de porc s'intensifie dans les années 60, et passe d'un modèle familial et autosuffisant à un élevage destiné à la vente (Marderos et al., 2014). La filière entière se transforme pour permettre la production et la transformation d'un nombre toujours plus important de porcs. On voit ainsi apparaître du commerce d'alimentation spécialisée pour les porcs, ce qui détache l'élevage des ressources végétales de l'exploitation. La production porcine est souvent qualifiée de « hors-sol », marquant la séparation nette entre la production de viande et l'usage des terres. Cependant, la plupart des exploitations porcines spécialisées sont toujours associées à des surfaces cultivées (Martel et al., 2020; Tersiguel et al., 2012).Des porcheries se mettent également en place dans les zones céréalières, dans le but de fournir des débouchés aux céréales et de fournir des effluents pour les cultures, ou pour un méthaniseur (Gabriel et al., 2019).

Dans ce contexte, il faut définir ce qu'est une exploitation en polyculture élevage. Elle peut être approchée de deux façons :
L'approche structurelle est basée sur l'importance des 2 ateliers (élevage et cultures) sur les revenus de l'exploitation, avec au moins 1/3 des revenus qui viennent soit de l'élevage soit des cultures (Agreste, 2020; Davenel, 2024).
L'approche fonctionnelle est basée sur des flux de matières entre les 2 ateliers, avec les productions d'un atelier qui sont les ressources utilisées par l'autre atelier. On considère que la ferme est intégrée ou couplée selon l'intensité de ces interactions (Davenel, 2024; Martel et al., 2017). La vision fonctionnelle des exploitations inclut donc la plupart des exploitations spécialisées en élevage, puisque la majorité de leurs produits végétaux sont intra consommés (Martel et al., 2017). Le fait de coupler les productions au sein de la ferme s'accompagne d'une diminution des externalités environnementales négatives liées à l'agriculture moderne (Garrett et al., 2020).
Un autre levier pour réduire les externalités négatives de l'agriculture est l'ancrage dans le territoire. L'ancrage d'une exploitation est défini par son intégration dans des filières courtes, la mobilisation de réseaux sociaux et économiques, la valeur ajoutée territoriale et l'utilisation des ressources locales (Thenard et al., 2021). Le couplage selon Martel et al. (2017) reprend la dimension « ressources locales » (celle de la ferme) de l'ancrage et Davenel (2024) y rajoute une dimension réseau en explorant avec qui la ferme est en interaction pour ses achats. Le couplage des productions de l'exploitation est donc une part de son ancrage dans le territoire.

Le développement de la notion de couplage culture élevage s'est fait initialement dans les fermes de ruminants (Davenel, 2024; Martel et al., 2017) mais les fermes porcines ont certaines spécificités qui obligent à revoir certaines dimensions de cette notion : les porcs n'ont pas besoin de fourrages pour s'alimenter, et ne sont pas souvent dans des parcelles (1% des élevages de porcs en France sont en plein air) (Dupuis et al., 2022). Cet élevage en bâtiment conduit a de fortes quantités d'effluents disponibles pour fertiliser les terres agricoles.
Le lien au sol s'effectue donc principalement par la provenance des aliments et par l'utilisation des effluents d'élevage. Un des moyens de renforcer ce lien au sol est la fabrication d'aliment à la ferme (FAF), où les cultures de l'exploitation peuvent servir directement à l'alimentation des animaux sans passer par un intermédiaire. Ce mode de fabrication n'est pas anecdotique puisqu'il représentait déjà un tiers des tonnages consommés en 2009 (Salaün et al., 2013).

L'élevage porcin étant très différent des élevages de ruminants, il nécessite un outil particulier pour évaluer son couplage, et par extension, le lien au sol des différentes exploitations.

Comment mesurer le niveau de couplage culture-élevage dans une exploitation avec un atelier porcin ? Et peut-on distinguer différents profils d'exploitations porcines selon leur couplage ?
Pour répondre à ces questions, ce travail se divise en deux étapes : la construction d'une grille d'évaluation permettant de mesurer le couplage d'une ferme porcine qu'elle soit spécialisée ou mixte (c'est à dire présente sur une exploitation ayant aussi une autre production animale), et le test des données obtenues à partir de cette grille pour distinguer les différents profils d'élevages.

Pour répondre à ces questions, ce travail s'intéresse dans un premier temps aux différentes approches existantes pour caractériser le couplage entre cultures et élevage, afin d'en retenir les principaux éléments adaptés aux spécificités des exploitations porcines. La démarche de construction de la grille d'indicateurs est ensuite présentée, avant d'être appliquée aux exploitations étudiées. Les résultats permettent alors d'examiner les relations entre les différents indicateurs et d'identifier plusieurs profils d'exploitations selon leur niveau de couplage. Enfin, ces résultats sont discutés au regard des enjeux du couplage culture-élevage, des limites de la méthode développée et de ses perspectives d'utilisation dans le conseil et pour d'autres systèmes d'élevage.

Le groupement d'intérêt scientifique (GIS) Avenir Elevage a décidé de financer cette étude, qui s'intègre dans le projet PLIAGES (pour la circularité et l'ancrage territorial des élevages porcins biologiques) mené par des chercheurs de l'INRAE (Institut National de la Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement), qui étudie l'ancrage territorial des filières porcines biologiques, ancrage dont une des composantes est le couplage.
Ce stage est encadré par les unités de recherche PEGASE (Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Élevage) et BAGAP (Biodiversité, Agroécologie et Aménagement du Paysage) basées à Rennes.

I - Contexte

I.A. Autonomie et circularité

L'autonomie et la circularité sont des notions importantes pour le couplage culture élevage. En effet, la circularité est une approche systémique des flux liés à l'organisation du territoire, des ressources disponibles et des représentations locales qui façonnent les pratiques (Madelrieux et al., 2017; Mercier, 2025). C'est une approche basée sur le contexte territorial. Elle repose sur la gestion des cycles de nutriments, que les complémentarités et les synergies entre cultures et élevages améliorent (Moraine et al., 2016), ce que cherche à améliorer le couplage culture élevage au sein d'une exploitation.
L'autonomie, ou la capacité d'un acteur ou d'un système à gérer ses dépendances par rapport à l'extérieur (Thenard & Triboulet, 2017), peut se définir à différentes échelles, jusqu'au niveau national ou régional, pour la souveraineté notamment, et particulièrement la recherche de l'autonomie protéique ces dernières années. Dans notre cas, le couplage repose sur l'autonomie d'une exploitation à subvenir à ses propres besoins.

I.B. Couplage

La plupart des exploitations porcines, même celles dites spécialisées, possèdent une surface cultivable. Ainsi, il y a en moyenne 55 ha par exploitation porcine en Bretagne (Agreste, 2020; Tersiguel et al., 2012). Cela permet aux éleveurs d'utiliser leurs effluents suivant le plan d'épandage. En effet, toutes les exploitations porcines de plus de 50 animaux doivent en posséder. Celui-ci détermine l'utilisation des effluents notamment sur les terres de l'exploitation, même si une partie des effluents peut être

épandues sur d'autres parcelles mises à disposition par des prêteurs de terres. Dans les cas où l'épandage de tous les effluents est impossible, un traitement des effluents doit-être mis en place (Salaün et al., 2013). La disponibilité des effluents et la nécessité de les utiliser explique donc le peu d'intérêt des éleveurs de porcs pour les cultures non fertilisables en azote (Tersiguel et al., 2012).
On retrouve alors dans les exploitations spécialisées des rotations courtes et peu diversifiées, avec principalement des cultures de maïs grain, de blé, d'orge, et de prairies (Tersiguel et al., 2012).
Les assolements des exploitations possédant une FAF sont généralement moins diversifiés que les autres exploitations porcines (Tersiguel et al., 2012), mais il est orienté pour répondre aux besoins alimentaires des porcs (Roy et al., 2016a), même s'il ne privilégie pas toujours l'autoconsommation. En effet, des cultures de ventes peuvent être favorisées plutôt que des céréales pour augmenter la marge de l'atelier culture ou pour diversifier la rotation (Roy et al., 2016b). On remarque que plus la surface dédiée à l'alimentation par animal augmente, plus la part de maïs grain dans l'assolement diminue, alors que la part des cultures pour la vente augmente (Roy et al., 2016a). La part de colza est également plus importante. En effet, le colza présente un intérêt agronomique et permet de valoriser le lisier avant l'automne (Roy et al., 2016a; Tersiguel et al., 2012). Quand la surface disponible pour l'alimentation des animaux est importante, la motivation à l'installation de la FAF est de valoriser la matière première de l'exploitation (Drique et al., 2022), davantage que contrôler le coût alimentaire et de faire face à la volatilité des prix. Les élevages possédant une FAF autoconsomment généralement au moins 2 céréales ou oléo protéagineux différents, notamment le blé, souvent avec de l'orge ou du maïs grain (Roy et al., 2016c).

I.C. Outil NiCC'El

Pour évaluer le couplage chez les ruminants, un outil, nommé NiCC'El (Niveau de Couplage Culture Elevage) a été créé. Il repose sur 10 critères regroupés en 3 dimensions : l'utilisation des surfaces, l'autonomie alimentaire et en litière du troupeau et l'autonomie en fertilisation azotée des végétaux.

Tableau 1 : Grille d'évaluation du NiCC'El pour les ruminants (Martel et al., 2020)

Dimension	Variable
Utilisation des surfaces	% de la SAU dédiée à l'alimentation animale
	% de maïs dans la surface fourragère principale
	% de cultures non fourragères dédiées à l'alimentation animale
	% des cultures intermédiaires pour l'alimentation animale dans la SAU
Autonomie alimentaire et en litière du troupeau	Autonomie en concentré
	Somme dépensée par UGB pour l'achat de fourrage
	Nombre d'année avec achat de paille
Autonomie en fertilisation azotée des végétaux	Somme dépensée par hectare pour la fertilisation sur les surfaces cultivées
	Somme dépensée par hectare pour la fertilisation sur les surfaces en herbe
	Part de protéagineuses dans les surfaces non fourragères

Cet outil a permis de montrer que les exploitations en agriculture biologique possèdent plus souvent un couplage fort que les exploitations conventionnelles, quel que soit l'atelier de production animale étudié (Martel et al., 2017).
Le niveau de couplage est également corrélé à celui des performances environnementales, notamment celui du bilan azoté. Cette méthode est donc intéressante pour les systèmes porcins, dont la gestion des effluents et de l'azote est une des problématiques majeures.

Une première adaptation de cet outil a été proposée pour les élevages de volaille de chair, avec l'apparition de l'autonomie potentielle selon l'usage des cultures.

Tableau 2 : Grille d'évaluation du NiCC'El pour les volailles de chair (Martel et al., 2020)

Indicateurs pour une exploitation avicole sans autre atelier animal + inclusion territoriale			
Dimension	**Acronyme**	**Variable**	**Interprétation**
Utilisation des surfaces	PSAU	% de parcours dans la SAU	positif quand élevé
	Pfou	quantité de biomasse produite, en tonnes/ha, par le parcours	positif quand élevé
	PAC	utilisation de la surface du parcours volailles pour d'autres productions ("productions secondaires") : oui/non	couplage renforcé si oui
Autonomie alimentaire et en litière élevage avicole	AutoPaille	% auto-approvisionnement potentiel paille	positif quand élevé
	EchPaille	% de litière obtenue via un échange paille/fumier	positif quand élevé
	AutoCer	% autonomie potentielle céréales (production/utilisation) sur la SAU de l'éleveur	positif quand élevé
	ExpCer	% (en tonnes) des céréales produites non destinées à l'alimentation animale	Négatif quand élevé
	AutoProt	% d'autonomie potentielle en protéine	positif quand élevé
Autonomie en fertilisation azotée des végétaux	ProtiSNF	Part de protéagineuses dans les surfaces hors parcours	positif quand élevé
	AutoEff	Surface fertilisée avec les effluents de l'élevage / SAU	Optimum à 1
	ExpEff	% de l'effluent exporté sous forme d'engrais/amendement normalisé	Négatif quand élevé

La grille pour les ruminants montre l'intérêt de cette méthode de mesure sur l'ensemble des résultats environnementaux et technique, mais il faut l'adapter, de la même manière que cela a été proposé pour les volailles, pour prendre en compte les particularités de l'élevage porcin. Des indicateurs plus généraux seront conservés et/ou introduits afin d'être utilisables dans des systèmes très différents de par leur structure (élevage spécialisés ou mixtes), la filière (conventionnelle ou sous SIQO) …
Cela permettra de traiter l'ensemble des ateliers de production porcine, quel que soit le fonctionnement de l'exploitation.

II - Matériel et méthode

II.A. Construction de la grille

II.A.1 Présentation des 4 dimensions

La grille d'indicateurs créée est composée de 4 dimensions :

- L'utilisation de la surface, qui permet de mettre en adéquation l'utilisation des surfaces avec la production animale de l'exploitation
- Les ressources alimentaires et le lien au sol, pour favoriser l'autonomie alimentaire de l'exploitation et de mobiliser les surfaces pour l'alimentation des animaux
- L'usage et la valorisation des effluents, pour valoriser les effluents d'élevage et pour favoriser l'autonomie en fertilisation de l'exploitation
- L'usage et la valorisation des résidus de cultures pour favoriser l'autonomie en litière de l'exploitation.

Les 3 premières dimensions présentées sont reprises du NiCC'El pour les ruminants (Martel et al., 2020) : elles représentent les piliers du couplage.
La dimension de l'usage et la valorisation des résidus de culture est beaucoup moins importante dans l'élevage porcin que dans les élevages de ruminants ou de volailles : en effet, la majeure partie de l'élevage de porcs est réalisée sur caillebotis (94%) (Salaün et al., 2013). C'est pourquoi nous avons choisi de créer une autre dimension puisqu'il s'agit d'un pan du couplage qui ne concerne qu'une minorité d'exploitations porcines.

II.A.2 Dualité besoin-production

La dimension sur les ressources alimentaires et le lien au sol, les indicateurs sont répartis en 2 sous-dimensions :

- Favoriser l'autonomie alimentaire de l'exploitation, qui se concentre sur l'origine de l'alimentation animale
- Mobiliser les surfaces pour l'alimentation, pour favoriser des cultures et des surfaces destinées à nourrir les animaux de l'exploitation.

Chaque indicateur de cette dimension fait partie d'une paire, avec d'une part l'autonomie sur un aspect de l'alimentation (énergie, matières premières riches en protéines et fibres), et de l'autre la part des cultures destinée à cet aspect de l'alimentation des animaux de l'exploitation. Le duo d'indicateurs permet de distinguer le besoin de l'exploitation et l'investissement réalisé sur les récoltes. On peut ainsi distinguer une exploitation où toutes les surfaces sont consacrées à l'alimentation des animaux mais où l'autonomie alimentaire est très faible d'une exploitation autonome sur l'alimentation qui ne consacre qu'une petite part de ses surfaces à cette alimentation (dans le cas de petits cheptels par exemple).
Cela permet ainsi de ne pas pénaliser les exploitations qui n'auraient pas suffisamment de surface, et donc une autonomie moindre par rapport à des exploitations qui auraient plus de surfaces mais qui vendraient une partie de leur récolte.

II.A.3 Présentation des indicateurs

Dans la dimension de l'utilisation de la surface, nous avons calculé les 5 indicateurs suivants :

- La surface par truie (acronyme : surface_truie) : elle permet de savoir quelle surface est dédiée à chaque truie et à sa suite pour son alimentation.
- La surface pour 100 porcs produits pour un an (surface_100ppa) : permet d'avoir une deuxième mesure de surface qui permet de comparer les exploitations avec uniquement un atelier d'engraissement.

- La surface par animaux, en UGB (surface_UGB) : cela permet de savoir quelle surface est dédiée à chaque UGB pour son alimentation, en prenant en compte l'ensemble des animaux présents sur l'exploitation.
- Le pourcentage de SAU dédiée aux cultures pour l'alimentation animale de la ferme et au parcours (SAU_pour_animaux) : cet indicateur permet de prendre en compte à la fois les surfaces dédiées à l'alimentation animale, dont les prairies pour les exploitations mixtes avec des ruminants, et les parcours pour le bien-être des porcs : c'est un marqueur de l'orientation de la ferme, qui se concentre sur la production animale ou pas. Dans notre définition du couplage, les surfaces de l'exploitation sont au service de l'atelier d'élevage et l'atelier d'élevage est au service des cultures. Ainsi plus la SAU est dédiée aux animaux, plus le couplage est élevé. Cet indicateur est repris et adapté du NiCC'El ruminant (Martel et al., 2017).
- Le pourcentage de la SAU fertilisée avec les effluents d'élevage (SAU_ferti) permet de voir la surface utilisée pour épandre les effluents. Cet indicateur est repris de la réflexion autour d'un NiCC'El volaille (Martel, 2019).

Dans la dimension favoriser les ressources et le lien au sol, les 8 indicateurs sont répartis entre les 2 sous-dimensions.
Dans la sous-dimension favoriser l'autonomie alimentaire de l'exploitation, les indicateurs sont des indicateurs liés au besoin de l'exploitation :

- Le pourcentage d'autonomie sur l'alimentation (auto_alim) : il évalue la part de matières premières dans l'alimentation qui provient de l'exploitation elle-même. Cet indicateur repose sur les besoins de l'exploitation qui doivent être comblés. Il se décompose avec les autres indicateurs de la sous dimension.
- Le pourcentage d'autonomie en sources d'énergie pour l'alimentation animale de l'exploitation (auto_énergie) évalue le pourcentage de matières premières sources d'énergie produites sur la ferme dans l'alimentation des animaux. Il s'agit d'une adaptation de la réflexion autour d'un NiCC'El volaille (Martel, 2019).
- Le pourcentage d'autonomie en matières premières riches en protéines (auto_prot) est l'indicateur de besoin correspondant à la partie protéique de l'alimentation à l'image de l'indicateur autour des céréales.
- Le pourcentage d'autonomie en fibres (auto_fibres) permet d'évaluer cet aspect de l'alimentation pour les exploitations en bio et les autres ateliers s'il y a des ruminants dans l'exploitation.

La deuxième sous-dimension est la mobilisation des surfaces pour l'alimentation, avec les indicateurs liés à la production de l'exploitation, qui répond aux indicateurs de la première sous-dimension :

- Le pourcentage de céréales produits pour l'alimentation animale de l'exploitation (céréales_animaux) évalue la part des récoltes de céréales destinées à l'alimentation animale de la ferme.
- Le pourcentage d'oléo protéagineux produits pour l'alimentation animale de l'exploitation (mat_prot_animaux) est le pendant productif de l'indicateur d'autonomie en matières premières riches en protéines.
- Le pourcentage de fourrages produits pour l'alimentation animale de l'exploitation (fourrages_animaux) est le pendant productif de l'indicateur sur l'autonomie en fourrages. A l'inverse des indicateurs de production sur les céréales et les matières premières riches en protéines, s'il n'y a pas de production de fourrage sur l'exploitation et pas de besoin, les exploitations sont notées en non concernées.
- Le pourcentage de coproduits dans l'alimentation animale par rapport à ceux produits sur la ferme (q_coproduits_alim) est un indicateur de production qui permet d'évaluer la réutilisation dans l'alimentation animale des coproduits produits sur la ferme.

Le fait de baser les indicateurs sur les différents types de nutriments favorise mécaniquement les fermes diversifiées qui ont différentes cultures, qui auront alors un meilleur couplage. Une manière d'éviter ce biais aurait été de baser les indicateurs sur les apports en énergie et MAT, mais nous avons

estimé que les données auraient alors été plus difficiles à récolter, ce qui aurait réduit le nombre de fermes analysées.

La dimension autonomie de la fertilisation a 2 indicateurs :

- Le pourcentage d'effluents mobilisés sur l'exploitation (effluents_mobilisés) permet d'obtenir les effluents épandus en retirant les effluents exportés et l'abattement d'azote qui fait sortir de l'azote du cycle. C'est un indicateur lié à la production d'effluent.
- La part d'azote issue de l'exploitation par rapport à l'azote consommé (autoconso_N) permet d'évaluer la fertilisation extérieure, quelle que soit sa nature. Il permet d'évaluer la satisfaction du besoin en fertilisation.

La dimension autonomie en litière comporte 2 indicateurs :

- Le pourcentage d'autonomie en litière (auto_litière) permet d'évaluer, si le système de l'exploitation le nécessite, les imports de litière. Une exploitation sur caillebotis sera non concernée, puisqu'il n'y a pas de besoins en litière. C'est un indicateur de besoin repris du travail autour du NiCC'El volaille (Martel, 2019).
- Le pourcentage de résidus de cultures mobilisés pour les animaux sur l'exploitation (résidus_cultures_util) permet de savoir la destination des pailles et autres résidus, que ce soit pour l'enfouissement, l'export, ou la litière des animaux d'élevage. Cet indicateur de production est le pendant de l'indicateur précédent.

Ces indicateurs ont été choisis pour répondre aux spécificités de l'élevage porcin, mais également pour pouvoir être réutilisés au sein d'un outil multi-espèces qui pourra analyser le couplage de toutes les exploitations en culture-élevage, quelles que soient leurs productions animales.

II.B. Collecte des données

II.B.1 Plan d'échantillonnage

Pour avoir une majorité de situations différentes, nous avons décidé de nous concentrer sur des exploitations possédant une fabrique d'aliment à la ferme, avec quelques exploitations ayant recours à de l'alimentation du commerce pour obtenir une diversité des profils. En effet, ce sont dans les exploitations avec FAF que nous pensons observer la plus grande gamme de couplage. Sans FAF, les dimensions alimentation et surfaces de notre outil sont à priori au niveau le plus bas, puisqu'il n'y aurait alors pas de valorisation des cultures pour les porcs directement, ce qui inciterait les éleveurs à cultiver des cultures de vente. Nous voulions de la diversité sur ces deux dimensions puisqu'il s'agit des dimensions regroupant le plus d'indicateur, et donc celles qui joueront le plus sur le couplage de l'exploitation.
Pour explorer les différences entre modes de production, des exploitations en agriculture biologique ont également été visitées, avec notamment l'objectif d'avoir une autonomie en azote plus élevée.
Des exploitations mixtes ont été enquêtées afin de valider la grille d'indicateurs obtenue pour ce type d'exploitations, et pour explorer les différentes synergies existant entre les différents ateliers de productions animales.
Nous nous sommes concentrés sur les exploitations naisseur-engraisseur, afin d'explorer la diversité des pratiques.

II.B.2 Obtention des données

Pour obtenir les données nécessaires pour calculer les indicateurs, nous avons appliqué 2 stratégies : la collecte de bases de données et une enquête.

Les bases de données proviennent de la chambre d'agriculture de Bretagne et de l'IFIP. Elles sont issues d'enquêtes sur l'autonomie protéique dans le sud-ouest (Laurent ALIBERT, 2022), la typologie des élevages possédant une FAF (Constance DRIQUE, 2016), le lien au sol dans les élevages porcins avec FAF (Constance DRIQUE, 2016) et une enquête sur les pratiques d'élevages de porc en Bretagne (Constance DRIQUE, 2016).
Bien que ne présentant pas l'ensemble des données nécessaire au calcul de tous les indicateurs, elles permettent d'établir une base de travail, notamment sur les volets alimentation et surfaces.

Pour la phase d'enquête, des entretiens ont été réalisés auprès d'éleveurs. Une partie a été faite au sein des différentes exploitations concernées, et une autre partie des entretiens a été faite par téléphone pour compléter les données déjà acquises par les bases fournies.

II.B.3 Construction du questionnaire

Pour collecter les données nécessaires au calcul des indicateurs, nous avons choisi de réaliser des entretiens semi-directifs.
Pour cela, le questionnaire est organisé par bloc de questions, afin de suivre le déroulement du discours de l'enquêté.

Pour la partie productions animales, il faut connaître le nombre d'animaux (truies, porcs produits par an et le nombre d'individus des autres espèces). L'alimentation des animaux est requise, avec le type de matière première, la quantité utilisée et la quantité achetée. Cela dépend bien sûr du mode d'alimentation de l'exploitation, et de la manière dont les animaux sont nourris (aliment sec ou soupe). Des questions supplémentaires peuvent être posées si du fourrage est utilisé sur l'exploitation, afin de connaître l'autonomie sur cet aspect.
Le système de litière est demandé, et s'il ne s'agit pas d'élevage sur caillebotis, l'autonomie en litière est questionnée.
La quantité totale des effluents produits est renseignée, ainsi que l'usage qui en est fait et les quantités concernées pour chaque usage : épandage, séparation de phase, abattement d'azote, méthanisation, et export vers d'autres exploitations.

Pour la partie productions végétales, l'assolement est demandé, avec pour chaque culture, ce à quoi elle est destinée (vente ou autoconsommation), son rendement et la fertilisation appliquée, avec les produits et unités d'azote correspondant. Les cultures intermédiaires, s'il y en a, sont également renseignées. Le devenir des résidus de culture est également demandé.

Si l'exploitation possède un atelier de transformation, il faut connaître les types de produits et les quantités de coproduits et déchets générés, ainsi que leur devenir, notamment la quantité utilisée dans l'alimentation des animaux si la production s'y prête.

Si l'exploitation possède un méthaniseur, en propre ou en association, il faut connaître le nombre d'exploitations l'utilisant, les matières premières qui l'alimentent et leur provenance, et le devenir du digestat.

Enfin, le mode de commercialisation est demandé, ainsi que le groupe de producteurs auquel appartient l'éleveur. Les résultats technico économiques sont également demandés, avec l'EBE, l'indice de consommation, l'état des mâles (entiers ou castrés), la consommation d'aliment par porc, le pourcentage dans la gamme, le TMP, le prix de vente et la marge sur l'alimentation si l'exploitation possède une FAF.
Pour les résultats environnementaux, l'IFT est demandé.

Ce questionnaire, disponible en annexe 1, permet d'obtenir l'ensemble des données permettant le calcul des indicateurs, et des données permettant de caractériser la ferme.

II.B.4 Construction des bases de données

Les données obtenues ont été assimilées dans une base de données Excel. Cette base est construite en différents blocs :

- **(i)** **La structure de l'exploitation**, incluant le code postal, le numéro de département et le type d'élevage (naisseur, naisseur engraisseur, engraisseur) ;
- **(ii)** **La production animale de l'exploitation**, avec le nombre d'animaux (truies, porcs produits sur un an, autres productions animales) et le nombre d'UGB correspondant ;
- **(iii)** **L'utilisation de la surface**, avec l'assolement des exploitations, leur surface, et pour chaque culture, la surface consacrée à cette culture, le rendement et la destination de la culture, les indicateurs de surface ;
- **(iv)** **La fertilisation**, incluant la part de SAU fertilisée avec les effluents, pourquoi certaines parcelles n'ont pas de fertilisation organique, la part de protéagineux dans les surfaces, les espèces de protéagineux cultivées, les quantités d'azote minéral et leur forme (ammonitrate, urée…) ;
- **(v)** **L'alimentation**, incluant le mode d'alimentation (FAF ou aliment complet) et la forme (sec ou soupe), avec, pour les exploitations avec une FAF, pour chaque matière première, son tonnage et son taux d'autoconsommation, et les indicateurs sur l'alimentation ;
- **(vi)** **La litière**, avec le système utilisé, l'autonomie, la part de résidus de culture mobilisés et les échanges d'effluents contre de la litière, avec la part de litière obtenue ;
- **(vii)** **Les effluents**, incluant la quantité d'effluents produites, la quantité exportée, la part mobilisée sur l'exploitation et les proportions impliquées dans des séparations de phase et des traitements d'abattement d'azote ;
- **(viii)** **La méthanisation**, avec le type d'organisation (une ou plusieurs exploitations), la répartition du digestat et l'alimentation du méthaniseur ;
- **(ix)** **La transformation**, avec la production de l'atelier, ses coproduits et déchets et le devenir de ceux-ci ;
- **(x)** **La commercialisation**, incluant les SIQO de l'exploitation, le mode de commercialisation (filière longue ou courte) et le groupe de producteurs ;
- **(xi)** **Les résultats technico économiques**, incluant l'EBE, le nombre d'UTH, l'indice de consommation, l'état des mâles (castrés ou entiers), la consommation d'aliment par porc, le pourcentage dans la gamme et le taux de muscle par pièce, ainsi que le prix de vente ;
- **(xii)** **Les résultats environnementaux**, avec l'indicateur de fréquence des traitements.

II.C. Démarche d'analyse des données

Pour analyser les données, nous avons utilisé R (version 4.4.1).

Pour identifier les indicateurs redondants, nous avons réalisé des matrices de corrélations entre les indicateurs créés précédemment, où pour chaque corrélation, nous utilisons le maximum d'individus pour le calcul, ce qui implique que toutes les corrélations ne soient pas basées sur le même nombre d'individus.
Pour chaque redondance, un seul indicateur a été conservé, afin de ne pas déséquilibrer l'analyse en composantes principales (ACP) réalisée ensuite. L'ACP réalisée comporte en plus des variables illustratives liées aux caractéristiques de l'exploitation.
Chaque axe issu de l'ACP a un pourcentage d'inertie expliquée (P). Il y a deux types de relations entre les axes et le couplage des exploitations (r) : une corrélation positive, où une valeur élevée sur l'axe

correspond à un couplage fort, et une corrélation négative, une valeur élevée sur l'axe correspond à un faible couplage, traduite en équation par un « - ».
Une fois l'ACP réalisée, nous avons calculé les scores de couplage avec la méthode utilisée dans l'outil NiCC'El de Martel et al (2017). Pour réunir l'information des axes de l'ACP en une seule valeur, nous sommes partis des coordonnées de la projection sur chaque axe de l'exploitation considérée (c), et du poids de chaque axe dans l'inertie totale :
Score = $P_1 * r_1 * c_{1Ex} + \ldots + P_n * r_n * c_{nA}$

Où P_1 est le pourcentage d'inertie expliqué par l'axe 1 divisé par le pourcentage d'inertie de l'axe d'intérêt n de l'ACP, r_1 est le type de relation de l'axe 1 avec le couplage culture élevage et c_{1A} est la coordonné de l'exploitation A sur l'axe 1, pour les n axes d'intérêts de l'ACP.
Un score élevé correspond à un couplage fort. Nous définirons 3 niveaux de couplage de façon à avoir plus d'exploitations en couplage moyen qu'en couplage fort ou faible, afin de bien séparer les couplages forts et faibles.

III - Résultats

III.A. Guide de calcul des indicateurs et grille

Tableau 3 : Grille des indicateurs et leur méthode de calcul

Dimension	Objectifs	Indicateurs	Méthode de calcul
Utilisation de la surface	Mettre en adéquation de l'utilisation des surfaces avec la production animale	Surface par animaux (en ha/truie)	surface consacrée / nombre de truies
		Surface par animaux (ha/100 porcs)	surface consacrée / (nombre de porcs produits/100)
		Surface par animaux (ha/UGB)	surface consacrée / nombre d'UGB
		Part de surface dédiée aux animaux	surface consacrée / surface totale
		Part de SAU fertilisée (hors surface avec protéagineux) avec les effluents d'élevage	surface fertilisée / (surface totale -surface protéagineux)
Ressources alimentaires et lien au sol	Favoriser l'autonomie alimentaire de l'exploitation	Autonomie sur l'alimentation	quantité produite / quantité consommée
		Autonomie en énergie pour l'alimentation animale de la ferme	quantité produite / quantité consommée
		Autonomie en matières premières riches en protéines	quantité produite / quantité consommée
		Autonomie en fibres	quantité produite / quantité consommée
	Mobiliser les surfaces pour l'alimentation	Part de céréales produits pour l'alimentation animale de l'exploitation	quantité de céréales pour l'alimentation animale / quantité de céréales produites

		Part des oléo protéagineux produits pour l'alimentation animale de l'exploitation	quantité de protéagineux et oléagineux pour l'alimentation animale / quantité produite
		Part de fourrages produits pour l'alimentation animale de l'exploitation	quantité de fourrages pour l'alimentation animale / quantité produite
		Part des coproduits de la ferme dans l'alimentation animale	quantité utilisée dans l'alimentation animale / coproduits produits par la ferme
Usage et valorisation des effluents	Valoriser les effluents d'élevage	Part des effluents mobilisés sur l'exploitation	volume des effluents utilisés sur la ferme / volume total
	Favoriser l'autonomie en fertilisation de l'exploitation	Autonomie en azote	Azote issu des effluents / azote consommé
Usage et valorisation de résidus de cultures	Favoriser l'autonomie en litière de l'exploitation	Autonomie en litière	Quantité produite / quantité consommée
		Part de résidus de cultures (paille) mobilisés pour les animaux sur l'exploitation	Quantité utilisée / quantité produite

Les indicateurs de surface (par truie, pour 100 porcs produits et par UGB), sont calculés avec le nombre d'animaux (ou d'UGB), divisés par la surface dédiée à l'alimentation des animaux de l'exploitation. Hormis ces indicateurs qui sont présentés en hectare par truie, pour 100 porcs produits ou par UGB, les autres indicateurs sont présentés en pourcentages.
La part de surface dédiée à l'alimentation animale est calculée avec la surface dont les cultures sont destinées à la consommation par les animaux de l'exploitation par rapport à la surface totale de l'exploitation.
La part de SAU fertilisée est calculée avec les surfaces fertilisées par rapport à la SAU totale hors les surfaces en protéagineux.

Les indicateurs d'autonomie sur l'alimentation sont calculés avec la quantité de matières premières autoconsommée par rapport à la quantité de matières premières consommées sur l'exploitation.
Les indicateurs de la sous dimension « mobiliser les surfaces pour l'alimentation » sont calculés avec les quantités produites de chaque type de culture (céréales, oléoprotéagineux et fourrages) pour de la consommation interne par rapport à la quantité totale produite de ce type de culture. La part des coproduits de l'exploitation dans l'alimentation animale est calculée avec la quantité de coproduits de l'éventuel atelier de transformation qui est utilisée dans l'alimentation animale par rapport à la quantité totale de coproduits produits.

La part des effluents mobilisés sur l'exploitation est calculée avec le volume des effluents utilisés sur la ferme par rapport au volume total des effluents produits.
L'autonomie en azote est calculée avec la différence entre l'azote apporté par les effluents (ou par le digestat de méthanisation), par rapport à l'azote consommé (effluents et azote minéral).

L'autonomie en litière est calculée avec la quantité de litière produite sur l'exploitation par rapport à la quantité de litière consommée.
La part des résidus de cultures utilisés pour les animaux de l'exploitation est calculée avec la part des résidus de cultures utilisés dans ce but par rapport à la quantité produite de ces mêmes résidus.

III.B. Caractéristiques de l'échantillon

Les résultats obtenus sont classés en deux échantillons, répartis dans deux bases de données : les données brutes avec 216 exploitations dont les données sont partielles, et les données complétées avec 31 exploitations. Les exploitations dans l'échantillon données complétées sont également présentes dans la base de données brutes.

Les données complétées sont les exploitations où un entretien a été réalisé. Nous avons différents niveaux de complétude de ces 2 échantillons.

Tableau 4 : Complétude des indicateurs calculés par dimension pour chaque échantillon, en nombre d'exploitations

Part d'indicateurs calculés	Données brutes	Données complétées
100% indicateurs	12	12
70% indicateurs	36	29
Dimension surface 100%	31	30
Dimension surface 70%	98	30
Dimension alimentation 100%	24	24
Dimension alimentation 70%	80	29
Dimension effluents 100%	17	17
Dimension effluents 50%	33	29
Dimension litière 100%	44	26
Dimension litière 50%	53	29

Avec le tableau 4, nous constatons l'efficacité relative de la méthode employée pour récolter les données. Même avec un entretien, toutes les données nécessaires au calcul des indicateurs n'ont pas pu être obtenues, ce qui montre la complexité d'accès aux réponses, notamment pour les dimensions effluents et fertilisation (17 exploitations où tous les indicateurs sont renseignés) et l'autonomie en litière. Une partie des résultats ne comprend qu'un des deux indicateurs de ces dimensions.

Tableau 5 : Complétude des indicateurs pour chaque échantillon

Indicateurs	% d'indicateurs complétés sur les données brutes (dont X% dans les données complétées)	% d'indicateurs complétés sur le sous échantillon (nombre d'exploitations concernées)
Surface par animaux (en ha/truie)	45,4 (14)	96,8 (30)
Surface par animaux (ha/100 porcs)	45,4 (14)	96,8 (30)
Surface par animaux (ha/UGB)	45,4 (14)	96,8 (30)
% de SAU dédiée aux cultures pour l'alimentation animale de la ferme et au parcours	45,4 (14)	96,8 (30)
% de SAU fertilisée (hors protéagineux) avec les effluents d'élevage	15,7 (14)	96,8 (30)
% autonomie sur l'alimentation	38,0 (13)	93,5 (29)
% d'autonomie en énergie pour l'alimentation animale de la ferme	39,4 (14)	96,8 (30)
% d'autonomie en matières premières riches en protéines	38,4 (13)	93,5 (29)
% d'autonomie en fibres	38 (13)	93,5 (29)
% de céréales produits pour l'alimentation animale de l'exploitation	44,9 (14)	96,8 (30)
% de matières premières riches en protéines produites pour l'alimentation animale de l'exploitation	44,9 (14)	96,8 (30)
% de fourrages produits pour l'alimentation animale de l'exploitation	44,9 (14)	100 (31)
% coproduits dans l'alimentation animale/ coproduits produits sur la ferme	15,3 (14)	96,8 (30)
% des effluents mobilisés sur l'exploitation	13,4 (13)	90,3 (28)
Part d'azote issue de l'exploitation/ azote consommé (%)	9,7 (8)	58,1 (18)
% autonomie en litière	23,1 (13)	90,3 (28)
% de résidus de cultures (paille) mobilisés pour les animaux sur l'exploitation	22,2 (13)	90,3 (28)

Les données les plus difficiles à obtenir sont celles permettant de calculer la part d'azote autoconsommée (tableau 5). En effet, les personnes enquêtées ne connaissent pas toujours la quantité d'azote minéral apportée sur les terres, ce qui rend impossible le calcul de cet indicateur.

Tableau 6 : Caractéristiques des exploitations enquêtées de chaque échantillon, en nombre d'exploitations

	Données brutes	Données complétées
Type de conduite majoritaire		
Naisseur-engraisseur	168	23
Nombre d'UTH		
Moyenne	3,8	4,3
Médiane	3	3
Autres ateliers de production animale		
Exploitations mixtes	58	16
Vaches laitières	25	5
Vaches allaitantes	25	5
Brebis allaitantes	4	3
Volailles de chair	8	2
Dont poulets	*6*	*1*
Dont dindons	*2*	*1*
Dont canards	*1*	*0*
Chevaux	1	1
Eleveurs mixtes avec plus d'un autre atelier de production animale	6	4
Mode d'alimentation		
FAF	116	27
Aliment	23	4
Signes de qualités		
Agriculture biologique	12	9
CCP - mâle entier	1	1
FQC	6	1
IGP - jambon de Bayonne	49	16
Label rouge	9	3
Montagne	2	1
VBF	1	1
Autres	25	5

La majorité des exploitations enquêtées sont des naisseurs engraisseurs (tableau 6). Les exploitations des deux groupes possèdent une grande amplitude de truies et de porcs produits (figure 1), mais il n'y a pas de différences significatives du nombre d'animaux entre les échantillons.

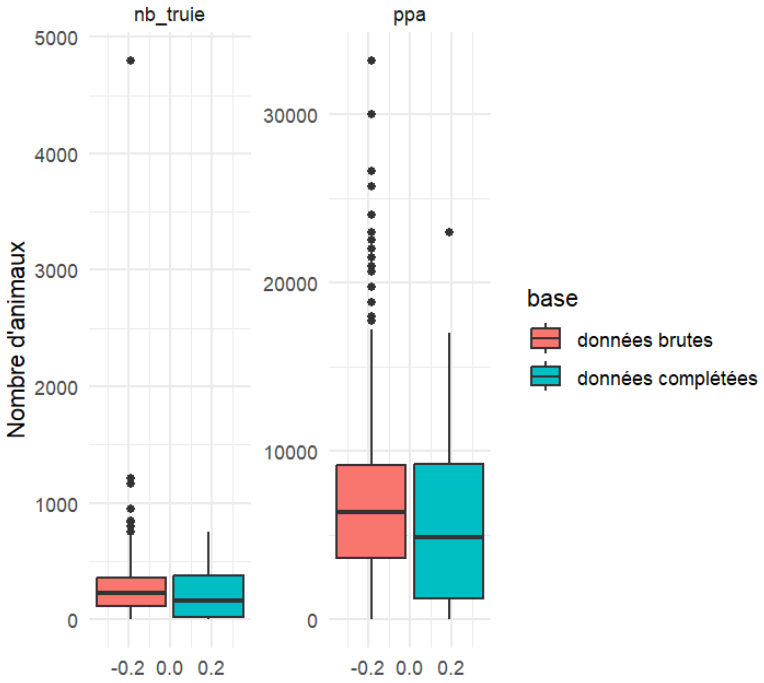


Figure 1 : Comparaison du nombre de porcs entre les deux échantillons

Sur les exploitations mixtes, la majorité possède un atelier de bovin (laitier ou allaitant), dont le nombre est représenté sur la figure 2.

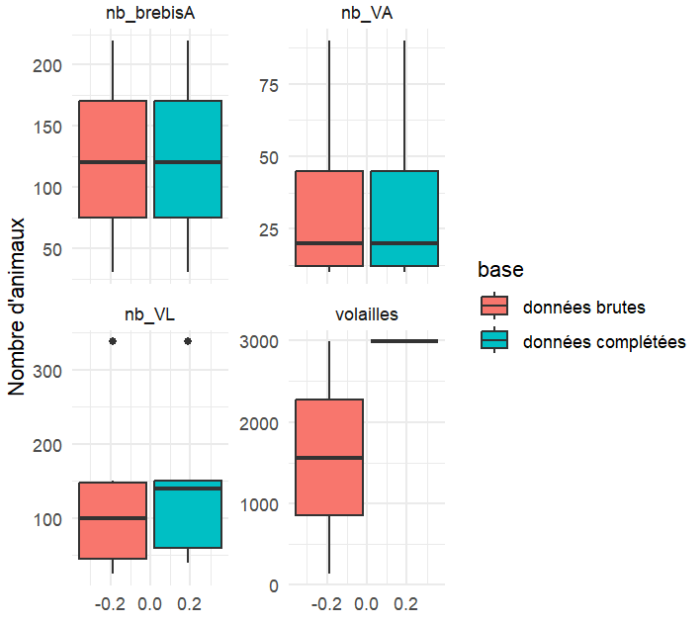


Figure 2 : Nombre d'animaux des autres ateliers de productions

<u>Légende :</u>
Nb_brebisA : brebis allaitantes
Nb_VA : vaches allaitantes
Nb_VL : vaches laitières

Les figures 3, 4 et 5 permettent de comparer les indicateurs entre les deux échantillons. Une seule différence significative est observée pour la part de fourrages produits pour l'alimentation animale. Les autres indicateurs ne présentent pas de différence significative entre les deux échantillons. Ces

résultats suggèrent que, pour les indicateurs étudiés, les exploitations disposant de données complétées présentent des caractéristiques globalement comparables à celles de l'échantillon initial.

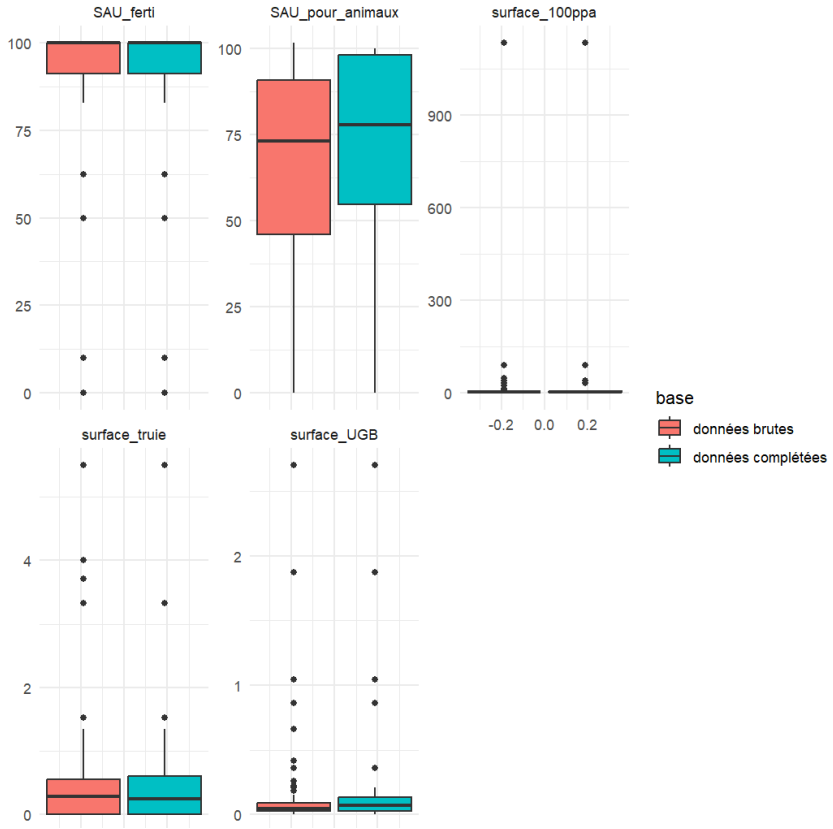


Figure 3 : Comparaison entre les deux échantillons pour les indicateurs de surface (en pourcentage pour la SAU fertilisée et la SAU pour les animaux et en hectare pour les autres indicateurs)

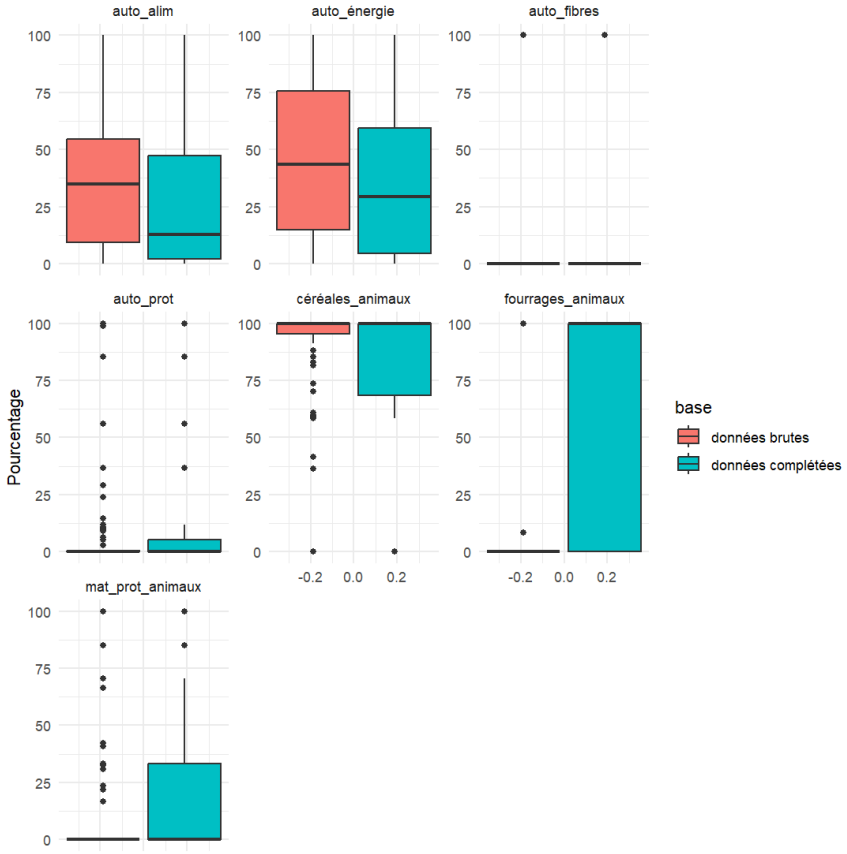


Figure 4 : Comparaison entre les deux échantillons pour les indicateurs de la dimension alimentation des animaux

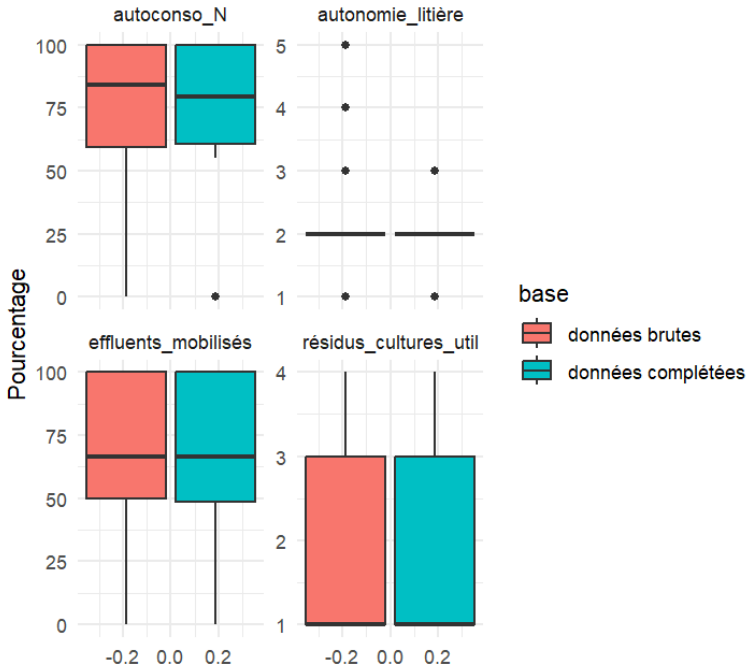


Figure 5: Comparaison entre les deux échantillons pour les indicateurs des dimensions effluents et litière

La majorité de l'élevage porcin étant réalisé sur caillebotis, une part importante des exploitations enquêtées ne sont pas concernées par l'indicateur d'autonomie en litière (16 exploitations sur les données complétées).

III.C. Corrélations des indicateurs

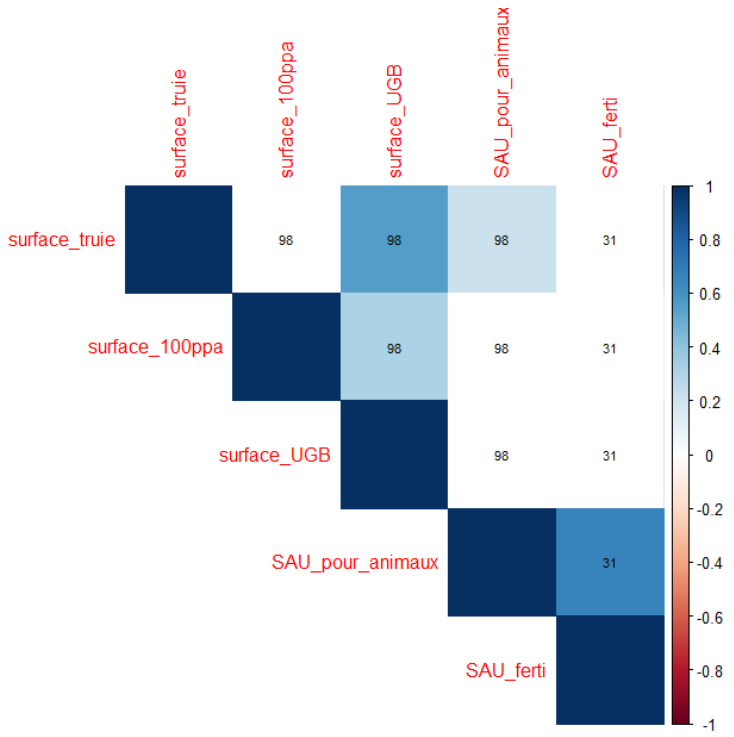


Figure 6 : Matrice de corrélation des indicateurs de la dimension surface

<u>Légende :</u>
Les résultats qui apparaissent sont les seuls résultats significatifs. Dans chaque case apparaît le nombre d'exploitations comparées pour obtenir cette corrélation.

Une corrélation positive est observée entre la part de SAU dédiée aux animaux (SAU_pour_animaux) et la part de SAU fertilisée avec les effluents d'élevage (SAU_ferti) (figure 6). Ainsi, les exploitations consacrant une plus grande part de leur SAU aux productions destinées à l'alimentation animale tendent également à fertiliser une plus grande part de leur surface avec leurs effluents. Cette relation peut être interprétée comme le signe d'une recherche de complémentarité entre les productions animales et végétales.

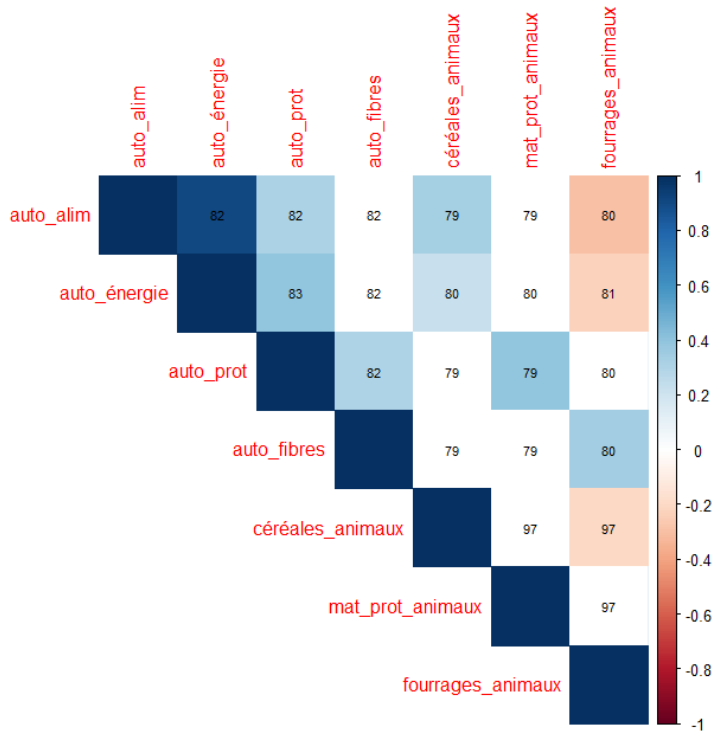


Figure 7 : Matrice de corrélation des indicateurs de la dimension alimentation

Une très forte corrélation est observée entre l'autonomie alimentaire (auto_alim) et l'autonomie en énergie (auto_énergie), avec un coefficient de corrélation de 0,9 (figure 7). Cette relation s'explique en partie par la construction de l'indicateur d'autonomie alimentaire, calculé à partir des quantités de matières premières autoconsommées, dont les matières premières énergétiques constituent une part importante dans l'alimentation porcine. Une corrélation est également observée entre l'autonomie en énergie et l'autonomie en protéines (r=0,4). Ces relations suggèrent que les exploitations présentant une forte autonomie sur une composante de l'alimentation tendent également à présenter une autonomie plus importante sur les autres composantes.

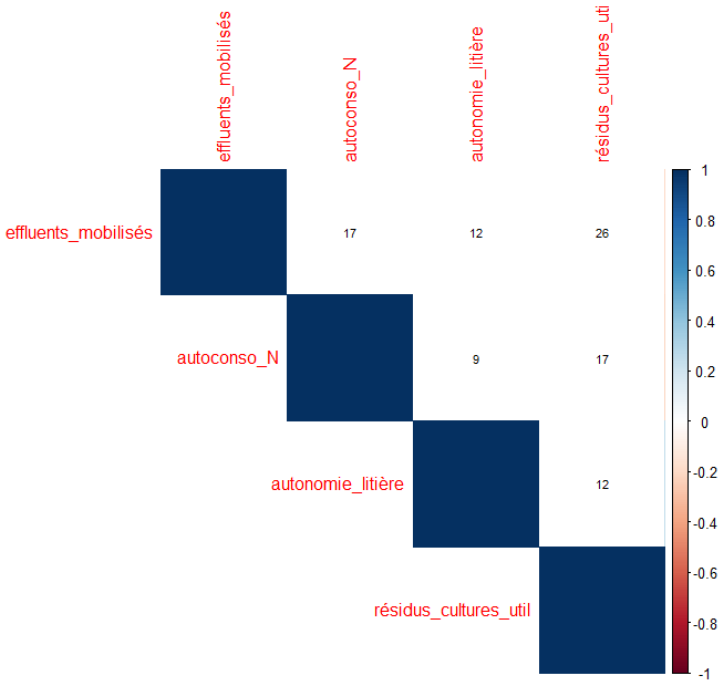


Figure 8 : Matrice de corrélation des indicateurs des dimensions effluents et litière

La figure 8 nous montre qu'il n'y a pas de corrélations significatives entre les indicateurs des dimensions sur les effluents et la litière.

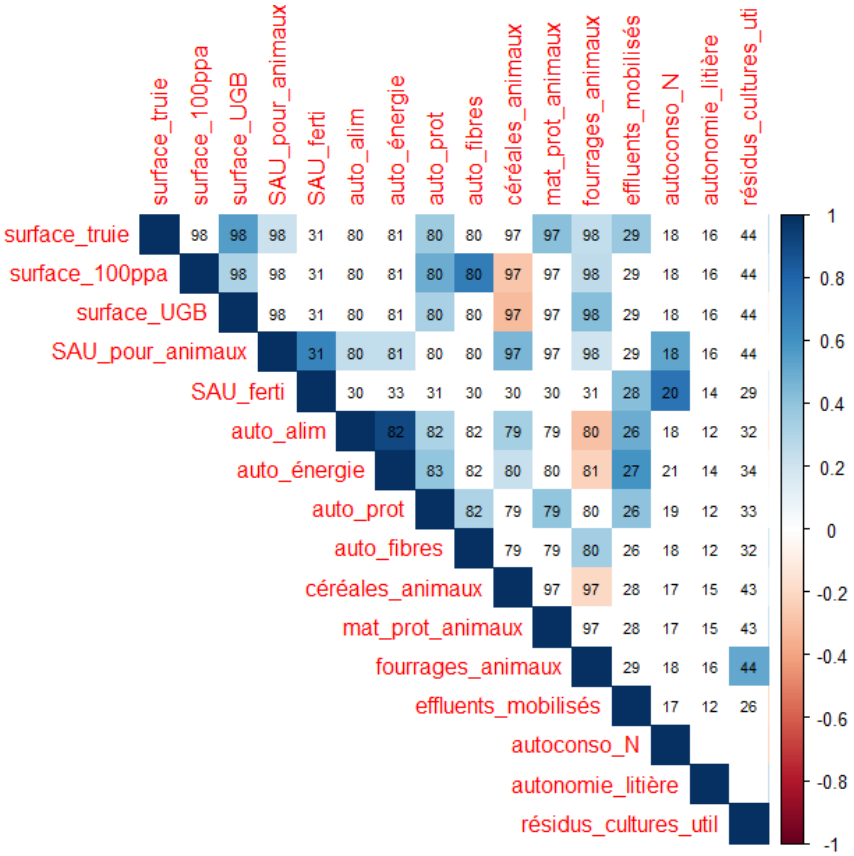


Figure 9 : Matrice de corrélation de l'ensemble des indicateurs

L'autonomie en protéines (auto_prot) est corrélée à la surface par truie (surface_truie), la surface par porc produit (surface_100ppa) et à la surface en UGB (surface_UGB), avec des coefficients de 0,2 à 0,4, mais pas au pourcentage de SAU dédiée aux animaux (SAU_pour_animaux) (figure 9). L'autonomie en protéines de l'exploitation est donc dépendante de la surface disponible pour les animaux.
La production de céréales pour les animaux (céréales_animaux) est corrélée négativement à la surface par porc et par UGB mais pas à la part de SAU dédiée aux animaux : nous pouvons estimer que s'il y a plus de surface pour les animaux, c'est qu'il y a plus de surface sur l'exploitation, et par conséquent plus de céréales produites pour la vente sur ces surfaces supplémentaires, quand l'objectif de degré d'autonomie est atteint. En revanche, plus la part de SAU dédiée aux animaux est importante, plus il y a de céréales produites pour eux (r = 0,5), puisqu'il s'agit de la majeure partie de l'alimentation des porcs.
La part de SAU fertilisée avec les effluents d'élevage (SAU_ferti) est positivement corrélée à l'autonomie en azote (autoconso_N) ainsi qu'à la part des effluents mobilisés sur l'exploitation (effluents_mobilisés) (figure 9). Par ailleurs, la part d'effluents mobilisés est également corrélée à l'autonomie alimentaire, à l'autonomie en énergie et à l'autonomie en protéines. Ces résultats mettent en évidence des relations entre la gestion des effluents et plusieurs indicateurs d'autonomie alimentaire et de fertilisation. Ils peuvent suggérer l'existence de stratégies d'autonomie mobilisant simultanément plusieurs flux de l'exploitation, avec des objectifs d'avoir des charges opérationnelles les plus faibles possibles, et une approche globale du système en termes de performances. Les objectifs de rendement seraient donc moindres, et les cultures moins poussées avec de l'azote minéral.

Dans les exploitations porcines spécialisées, la corrélation entre la part de SAU dédiée aux animaux et la part de SAU fertilisée avec les effluents est plus élevée (r = 0,8 contre r = 0,6 pour l'ensemble de

l'échantillon) (figure 10). Cette relation pourrait notamment être liée au plan d'épandage, qui influence la répartition des effluents sur les surfaces disponibles, en favorisant un épandage sur l'ensemble des surfaces.
La surface par animal, ou la surface par UGB, est corrélée à l'autonomie alimentaire : en porc la surface utilisée pour les animaux est quasi-uniquement destinée aux cultures pour leur alimentation, ce qui explique ce résultat.
L'augmentation des surfaces par animaux conduit à cultiver des matières protéiques pour les animaux, et donc augmenter l'autonomie protéique. Cela est probablement dû au fait qu'à partir d'un certain seuil de surface, l'objectif d'autonomie énergétique est atteint, ce qui conduit l'éleveur à produire des protéagineux pour ses animaux.

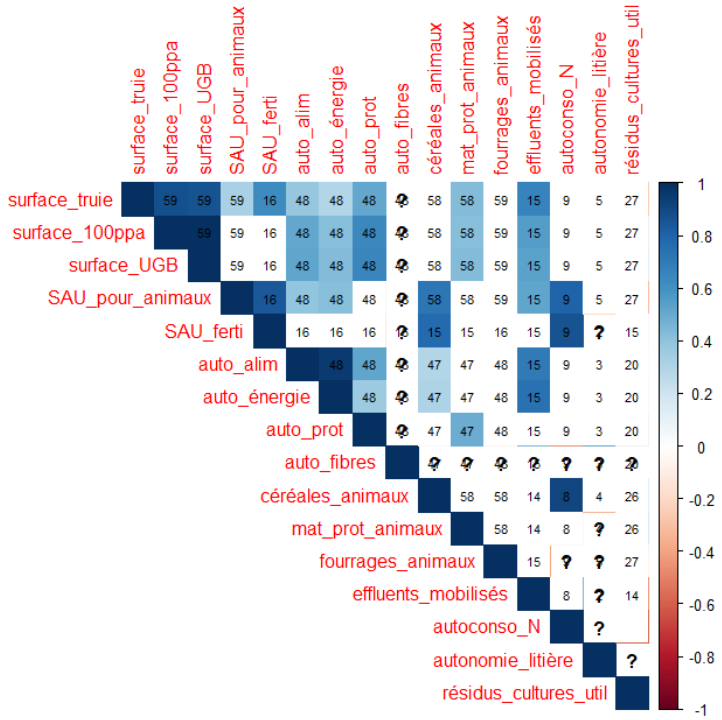


Figure 10 : Matrice de corrélation de tous les indicateurs pour les élevages de porc uniquement

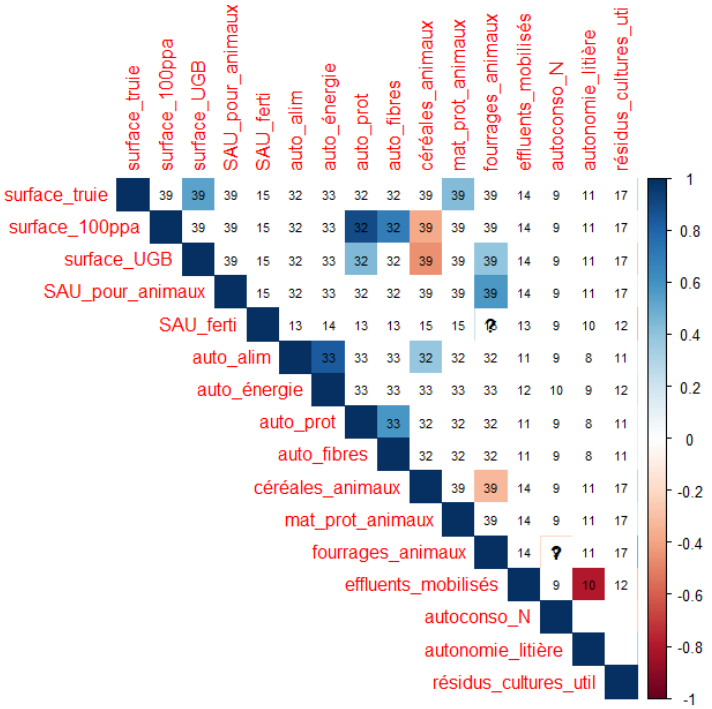


Figure 11 : Matrice de corrélation de tous les indicateurs pour les élevages mixtes uniquement

En revanche, dans les exploitations mixtes, il y a une plus forte corrélation entre la surface par porc produit et l'autonomie protéique, probablement due à l'habitude de cultiver des protéagineux pour l'alimentation des ruminants (figure 11).

Pour voir l'impact que les caractéristiques de l'exploitation ont sur les différents indicateurs, il faut tout d'abord connaître les interactions existant entre ces caractéristiques.

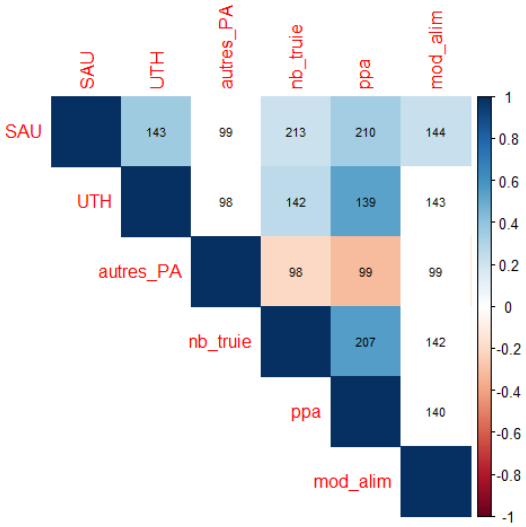


Figure 12 : Matrice de corrélation des caractéristiques des exploitations

<u>Légende :</u>
Codes utilisés : SAU pour la surface agricole utilisée, UTH pour les unités de travail humains, autres_PA pour la présence d'une autre production animale (1 si présence, 0 si absence), nb_truie pour le nombre de truies de l'exploitation, ppa pour le nombre de porcs produits sur l'année et mod_alim pour le mode d'alimentation (0 si l'aliment est acheté et 1 s'il provient de la FAF)

Nous constatons que lorsque la SAU augmente, il y a plus de truies et de porcs produits, mais les exploitations sont alors plutôt en FAF, probablement car l'installation et l'utilisation d'une FAF devient alors plus intéressante (figure 12).
La présence d'autres productions animales diminue également le nombre de porcs.

Nous pouvons maintenant examiner les relations entre les caractéristiques des exploitations et les différents indicateurs de couplage.

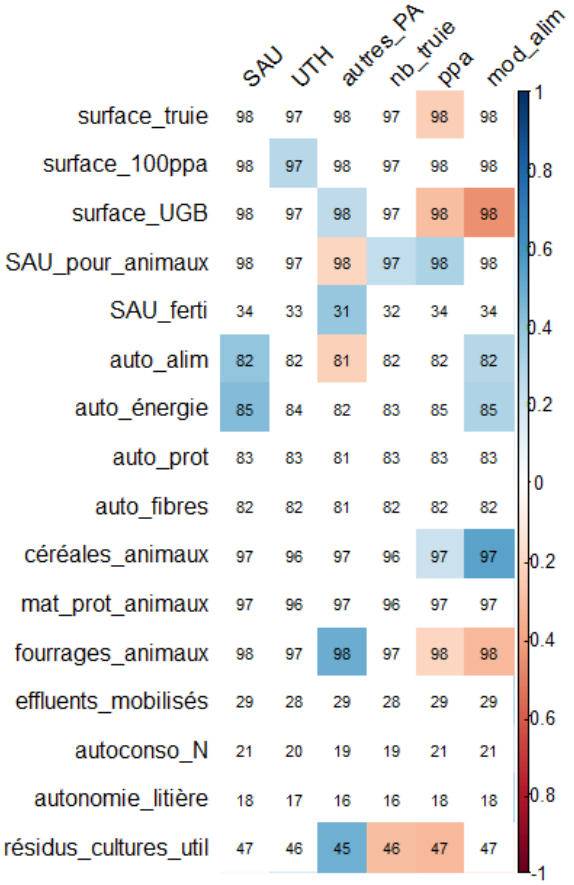


Figure 13 : Matrice de corrélation des indicateurs et des caractéristiques des exploitations

La présence d'autres productions animales est associée à une augmentation de la surface par UGB, mais une diminution de la SAU consacrée aux animaux et de l'autonomie alimentaire. Même s'il y a moins de porcs élevés du fait de la présence d'une autre production animale, le nombre d'animaux à nourrir est alors plus élevé, et il y a donc plus d'achats pour répondre aux besoins (figure 13).
Les autres productions animales des exploitations mixtes sont majoritairement des ruminants dans cet échantillon, et cela introduit la production de fourrages et l'utilisation de paille pour les litières, avec des coefficients de corrélation de 0,6 et 0,4 respectivement.
La présence d'une FAF (mod_alim) favorise l'autonomie en alimentation et en énergie (coefficient de 0,2), et il y a donc plus de céréales produites pour les animaux (coefficient de 0,6).

III.D. Caractérisation du couplage par analyse multivariée

Pour réaliser cette ACP, nous nous baserons sur l'échantillon des données complétées uniquement, pour éviter les biais liés à des trop grandes disparités de complétude entre indicateurs.
Suite aux résultats obtenus dans l'analyse des corrélations, seul l'indicateur de la surface par UGB sera gardé, pour éviter la redondance de l'information et privilégier l'indicateur le plus inclusif et le plus informatif, puisqu'il s'applique à l'ensemble des productions concernées et à tous les types d'élevage.

De même, l'indicateur sur l'autonomie alimentaire n'est pas conservé pour cette analyse afin de séparer l'information entre ses différents composants : l'énergie, les protéines et les fibres. L'indicateur sur l'utilisation des coproduits de l'exploitation est quant à lui éliminé faute de réponses suffisantes utilisables (2 exploitations avec un atelier de transformation).
Cette sélection permet ainsi de limiter la redondance entre les variables tout en conservant les principales dimensions du couplage dans l'analyse multivariée.

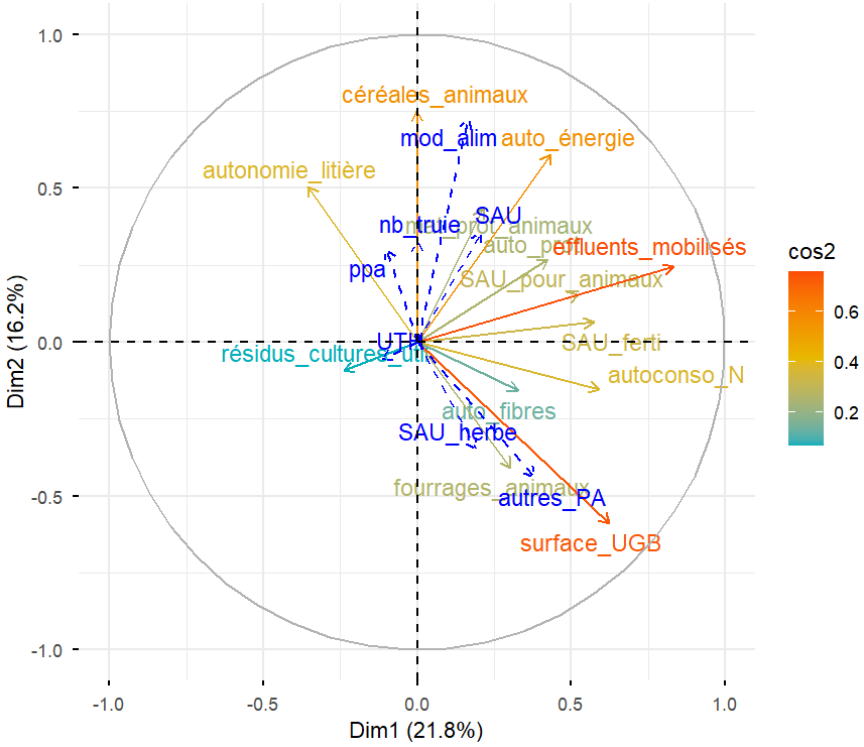


Figure 14 : Cercle de corrélation de l'ACP sur les axes 1 et 2

<u>Légende :</u>
13 variables actives
7 variables illustratives en bleu foncé
31 individus

Les axes 1 et 2 expliquent respectivement 21,8 % et 16,2 % de l'inertie totale, soit 38 % au total (figure 14). L'axe 1 est principalement associé à la mobilisation des effluents, à l'autonomie en azote (autoconso_N) et à la surface par UGB. L'axe 2 est principalement associé à la part de céréales produites pour l'alimentation animale et à l'autonomie en énergie. Pour ces deux axes, les variables associées positivement au couplage sont orientées dans le même sens : les exploitations présentant des coordonnées élevées sur ces axes présentent donc un niveau de couplage plus élevé.

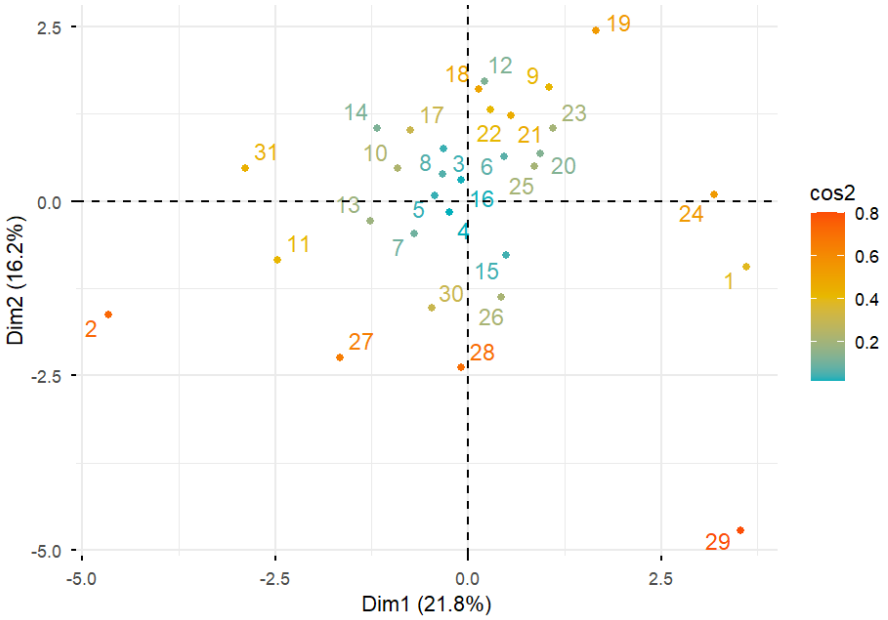


Figure 15 : Projection des individus sur le cercle de corrélation de l'ACP sur les axes 1 et 2

Avec la projection des individus (figure 15), nous constatons 2 exploitations très particulières : l'exploitation numéro 29, qui est le seul naisseur de l'échantillon, et l'exploitation numéro 2, qui est une exploitation sans surfaces (2 ha uniquement, actuellement non utilisés).

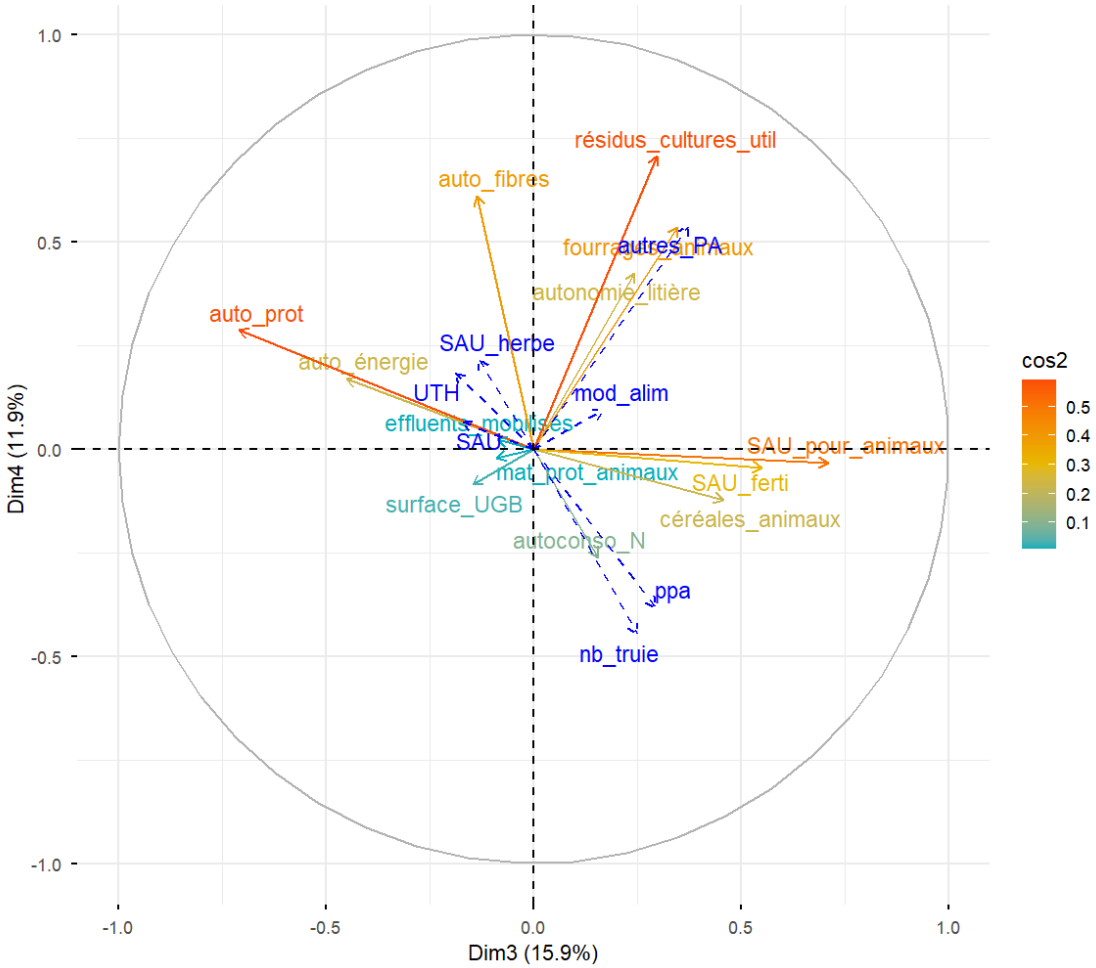


Figure 16 : Cercle de corrélation de l'ACP sur les axes 3 et 4

Dans cette ACP (figure 16), les axes 3 et 4 retiennent 27,8% de l'inertie totale. L'axe 3 (15,9% d'inertie) est particulièrement influencé par l'autonomie en protéines et la surface dédiée aux animaux, qui sont orientés dans des directions opposées ici. Pour synthétiser cet axe du point de vue du couplage nous avons pensé à deux solutions : prendre la valeur absolue de la projection de la ferme sur l'axe 3 (-3 et +3 sont alors équivalent), comme dans l'outil NiCC'El, ou privilégier un des indicateurs. Au vu de notre échantillon et du fait que plusieurs critères de surfaces étaient déjà retenus dans les autres axes de l'ACP, nous avons fait le choix de partir sur la seconde option en privilégiant l'autonomie en protéines. Ainsi plus les fermes ont un score négatif sur l'axe 3 plus elles auront un score de couplage élevé
L'axe 4, avec 11.9% d'inertie expliquée, est fortement influencé par les résidus de cultures utilisés et l'autonomie en fibres, et comme pour les deux premiers axes, meilleur est le couplage d'une exploitation, meilleur sera son score sur l'axe 4. Cet axe étant moins explicatif que les autres et très proche de l'axe 5 (9.2% d'inertie), nous ne le prendrons pas en compte pour le calcul des scores.

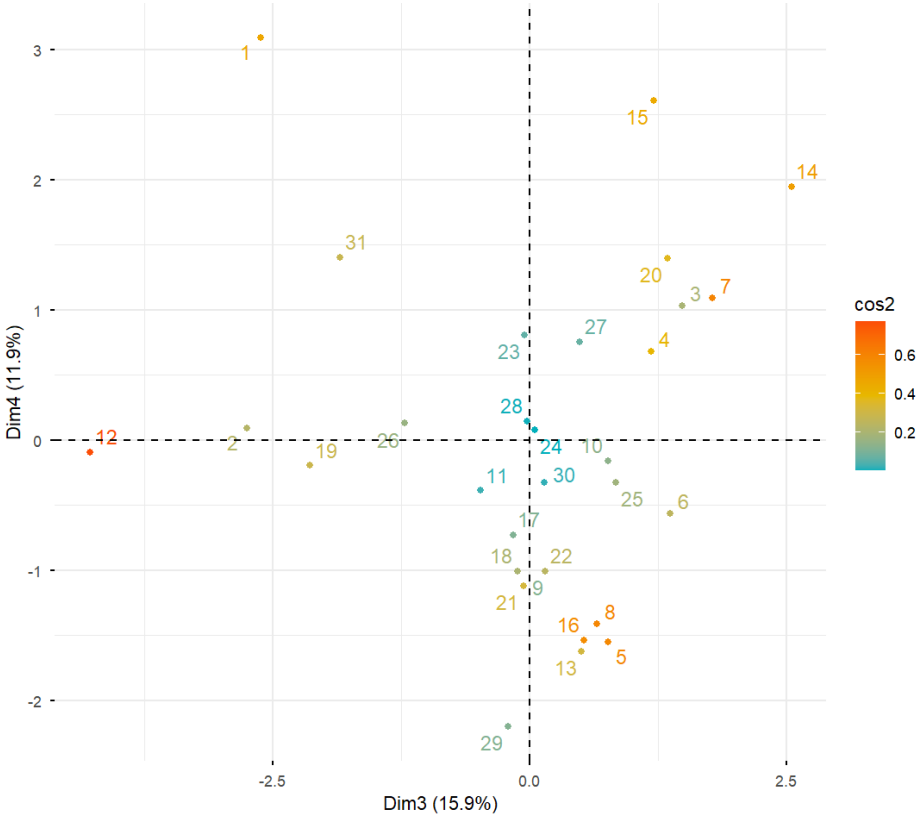


Figure 17 : Projection des individus sur le cercle de corrélation de l'ACP sur les axes 3 et 4

Avec la projection des individus (figure 17), nous constatons 3 exploitations très particulières : l'exploitation numéro 29, comme sur la figure 15, l'exploitation numéro 1 qui est une exploitation avec des porcs à l'engraissement uniquement lorsque l'alimentation issue des écarts de tri des cultures est suffisante, et l'exploitation numéro 12, qui est un naisseur engraisseur avec 300 ha, avec une autonomie protéique de 85% due à ses cultures de pois.

III.E. Différents profils de couplage

La réalisation de cette ACP permet de calculer les scores de couplage de toutes les exploitations. Les trois premiers axes ont été retenus pour la construction du score car ils permettent de conserver une part importante de l'information contenue dans les indicateurs (53.9% de l'inertie expliquée) tout en synthétisant les principales dimensions du couplage. Ils nous permettent de calculer des scores de

couplage, avec lesquels nous pouvons classer les exploitations. Les exploitations sont ensuite partagées en groupes de niveau, représentés sur la figure 18.

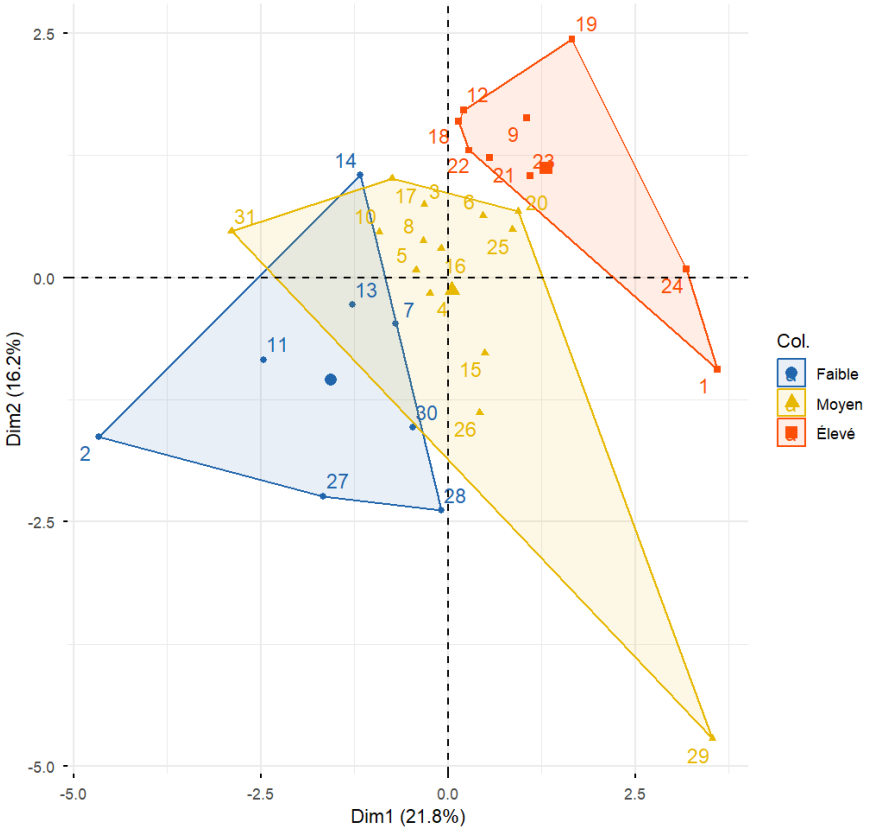


Figure 18 : Projection des individus colorés selon leur niveau de couplage sur les axes 1 et 2

Les exploitations présentant les niveaux de couplage les plus élevés possèdent toutes une fabrication d'aliment à la ferme et disposent généralement de surfaces plus importantes (annexe 2). Cela permet un meilleur équilibre entre les productions végétales et animales. À l'inverse, les exploitations présentant les niveaux de couplage les plus faibles sont plus fréquemment caractérisées par la présence de plusieurs ateliers de production animale.

La présence d'une FAF est donc systématiquement observée parmi les exploitations présentant les niveaux de couplage les plus élevés dans cet échantillon. Toutefois, certaines exploitations équipées d'une FAF présentent également des niveaux de couplage plus faibles. La FAF apparaît ainsi comme un facteur fortement associé au couplage, sans constituer à elle seule un critère suffisant pour caractériser le niveau de couplage d'une exploitation.

Le couplage d'une exploitation n'a pas d'incidence sur les données technico-économique des exploitations (annexe 2).

IV – Discussion

La grille que nous avons établie nous permet de mesurer l'adéquation entre les surfaces et la production animale, la répartition des ressources végétales pour l'alimentation des animaux, ainsi que le couplage du cycle de l'azote sur l'exploitation et l'usage des résidus de cultures. Ces dimensions permettent de mesurer les différents aspects du couplage culture-élevage.

La FAF est un facteur important du couplage : un couplage élevé est toujours associé à la présence d'une FAF, même si celle-ci ne garantit pas le couplage. En effet, la fabrique d'aliment à la ferme est le moyen qui permet d'utiliser les cultures de l'exploitation pour l'alimentation des porcs, ce qui facilite l'utilisation des récoltes pour le cheptel. La FAF apparaît donc comme un des principaux leviers du couplage, qui est associée à 2 dimensions de notre grille : les ressources alimentaires et le lien au sol, et l'utilisation de la surface pour les animaux. Sans FAF, dans une exploitation porcine spécialisée, l'alimentation est achetée, et les surfaces de l'exploitation sont utilisées uniquement pour des cultures de vente.
Mais cette absence de couplage ne signifie pas que l'exploitation est déconnectée de son territoire : il est donc important d'évaluer son ancrage, en plus de son couplage. En effet, ce sont des stratégies d'orientation qui peuvent être complémentaires.
Mais la présence d'une FAF seule ne garantit pas le couplage de l'exploitation : il dépend également de la surface disponible, des décisions quant à la destination des cultures et de la gestion des effluents.

Une des limites de cette étude est la difficulté d'obtention des informations nécessaires au calcul de certains indicateurs, en particulier sur les dimensions de l'usage et la valorisation des effluents et des résidus de cultures. En effet, peu d'éleveurs savent précisément les quantités d'azote minéral qu'ils utilisent sur leurs cultures, au contraire des quantités d'azote organique. De même, l'évaluation de la part de résidus de cultures mobilisés est difficile, aucune évaluation de la quantité produite n'étant faite. Les situations où une partie est récoltée pour être autoconsommée et le reste des pailles est broyée, peuvent poser problème quant à la quantification**.**
Pour pallier à ces problèmes, il faudrait utiliser le plan de fumure, actualisé avec les quantités réellement utilisées, et ajouter une évaluation des quantités de pailles produites.
En outre, les résultats obtenus mériteraient d'être étayés par une analyse sur un plus grand nombre d'exploitations. L'échantillon utilisé ici n'est en effet pas représentatif de l'élevage porcin français, avec 87% d'exploitations possédant et utilisant une fabrique d'aliment à la ferme, contre un tiers en France (Salaün et al., 2013). De même, l'échantillon compte 30% d'élevages biologiques contre 1,9% en France (Dupuis et al., 2022). Ce décalage avec la production porcine française peut conduire à un déséquilibre des indicateurs, notamment ceux sur l'autonomie alimentaire qui sont très liés à la présence de FAF. De plus, notre méthode de classification est basée sur notre échantillon, et les seuils que nous avons fixé pour les groupes de couplage sont dépendant de l'échantillon initial. Dans une base plus proche de la composition réelle de l'élevage français, peut-être que les exploitations classées moyennes dans notre échantillon seraient finalement fortement couplées.
La composition de l'échantillon pourrait également être la cause de l'anomalie observée sur l'axe 3 de notre ACP : en effet, l'autonomie protéique est aujourd'hui un enjeu majeur en production porcine, et peu d'éleveurs cultivent eux-mêmes les oléo protéagineux pour les intégrer dans la ration de leurs animaux. La majorité cultivent ces espèces pour la vente, et acquièrent les protéines sous forme de tourteaux.
Le petit nombre d'exploitations enquêtées a empêché l'analyse de l'insertion des coproduits de l'atelier de transformation dans l'alimentation, ce qui empêche de montrer l'impact de cet atelier sur le couplage de l'exploitation, ce qu'il serait intéressant d'explorer.

Ces résultats permettent néanmoins de donner des objectifs pour des personnes cherchant à mieux coupler leur exploitation, et peuvent servir d'outils aux conseillers, en identifiant les points sur lesquels les éleveurs peuvent améliorer leur couplage.
Enfin, la grille a été conçue dans une perspective d'application à d'autres productions animales. Elle pourrait ainsi être utilisée pour caractériser le couplage dans des exploitations associant différents ateliers d'élevage et, à terme, permettre de mesurer le couplage de différents systèmes de production et de les comparer entre eux.

Conclusion et perspectives

Ce travail avait pour objectif de construire un outil permettant d'évaluer le niveau de couplage entre les cultures et l'élevage dans les exploitations porcines, puis d'identifier différents profils d'exploitations selon leur niveau de couplage. Cette démarche répondait à la nécessité d'adapter les outils existants, notamment le NiCC'El, aux spécificités des systèmes porcins.
Elle s'est déroulée en parallèle d'une démarche d'évaluation de l'ancrage territorial des exploitations porcine. Ceci nous a permis de faire une démarcation plus claire entre ce qui relève de l'ancrage et ce qui relève du couplage. Ainsi le travail fait sur le "NiCC'El Zone" (Davenel, 2024) n'a pas pu être remobilisé tel quel puisqu'il incluait des échanges avec les voisins et autres entreprises du territoire dans son calcul.

Une grille composée de quatre dimensions a ainsi été construite : l'utilisation des surfaces, les ressources alimentaires et le lien au sol, l'usage et la valorisation des effluents et l'usage et la valorisation des résidus de cultures. Ces dimensions permettent de prendre en compte les principaux flux reliant les ateliers végétal et animal dans les exploitations porcines. La construction de la grille a également permis d'adapter la démarche existante aux particularités de l'élevage porcin, notamment l'importance des aliments concentrés, la fabrication d'aliment à la ferme et la faible utilisation de litière dans les systèmes sur caillebotis.
L'application de cette grille à un échantillon de 216 exploitations, dont 31 exploitations disposant de données complétées permettant la réalisation d'une ACP, a permis d'étudier les relations entre les différents indicateurs. Les corrélations montrent que plusieurs indicateurs sont liés entre eux et semblent traduire des stratégies d'autonomie à l'échelle de l'exploitation. L'autonomie alimentaire, l'autonomie énergétique et l'autonomie protéique sont notamment associées, tandis que la mobilisation des effluents est également liée à plusieurs indicateurs d'autonomie alimentaire.

L'analyse en composantes principales permet de synthétiser l'information portée par les indicateurs et de construire un score de couplage. Les trois premiers axes retenus expliquent 53,9 % de l'inertie totale et permettent de distinguer plusieurs niveaux de couplage entre les exploitations. Les exploitations présentant les niveaux de couplage les plus élevés possèdent toutes une fabrication d'aliment à la ferme et disposent généralement de davantage de surfaces, permettant une meilleure complémentarité entre les productions végétales et animales. À l'inverse, les exploitations présentant les niveaux de couplage les plus faibles sont notamment caractérisées par des effectifs porcins plus importants et, dans plusieurs cas, par la présence d'autres ateliers animaux.

La fabrication d'aliment à la ferme apparaît donc comme un élément fortement associé au couplage dans l'échantillon étudié. Cependant, sa présence ne suffit pas à elle seule à caractériser un niveau de couplage élevé. Le couplage repose sur plusieurs interactions entre les ateliers et ne peut donc pas être réduit à un seul levier, qu'il s'agisse de l'alimentation, des surfaces ou de la valorisation des effluents.
Ces résultats montrent ainsi qu'il est possible de distinguer différents niveaux de couplage dans les exploitations porcines à partir d'une combinaison d'indicateurs. La grille proposée constitue une

première étape vers un outil utilisable pour caractériser les interactions entre cultures et élevage et identifier des voies d'amélioration du couplage. Elle pourrait notamment être mobilisée dans le cadre du conseil aux éleveurs afin d'identifier les dimensions sur lesquelles des marges de progression existent. Mais pour cela il est encore nécessaire d'améliorer le protocole de récolte des données afin de limiter les données manquantes et d'augmenter le nombre de fermes pour être plus représentatif de la diversité observée des exploitations porcines.

Plusieurs limites doivent toutefois être prises en compte. La collecte de certaines données s'est révélée difficile, notamment pour l'azote minéral et les résidus de cultures. La complétude des données constitue ainsi un frein important à l'utilisation de certains indicateurs. Par ailleurs, l'échantillon étudié n'est pas représentatif de la population porcine française, avec une forte proportion d'exploitations disposant d'une fabrication d'aliment à la ferme et d'exploitations biologiques. Les résultats obtenus doivent donc être considérés comme exploratoires et nécessitent d'être confirmés sur un échantillon plus large et plus représentatif de la diversité des exploitations porcines françaises.
Dans cette perspective, un travail complémentaire pourrait porter sur l'amélioration du protocole de collecte des données, notamment concernant la fertilisation azotée et la production et l'utilisation des résidus de cultures. Une validation de la grille sur un échantillon plus important permettrait également de consolider les seuils définissant les différents niveaux de couplage et de vérifier leur robustesse. À plus long terme, l'outil pourrait être intégré à une démarche plus large d'évaluation du couplage culture-élevage, applicable à différentes productions animales et permettant de comparer les formes de couplage entre systèmes d'élevage.

Bibliographie

Agreste. (2020). *Recensement agricole 2020*.

Davenel, S. (2024). *Characterising territorial crop-livestock relationships of farms in PDO cheese areas : A methodological approach based on the adaptation of the evaluation of crop-livestock coupling on farms (using NiCC'El)*. VetAgro Sup.

Drique, C., Bernard, M.-L., & Calvar, C. (2022). Etat des lieux de la fabrication d'aliments porcs à la ferme en Bretagne. *Chambres d'agriculture de Bretagne*.

Dupuis, A., Leverrier, E., L'Hotelier, R., Machefaux, M., Morin, C., Scheubel, A., Seressia, J., & Venet, P. (2022). *ABCDAIRE: dis-moi tout sur le porc bio!*

Gabriel, A. W., Ramonteu, S., Choisis, J.-P., Ryschawy, J., Nesme, T., Martel, G., & Moraine, M. (2019). Assolements en communs et méthaniseurs collectifs, médiateurs de systèmes plus durables? *Innovations Agronomiques*, *72*, 121-135.

Madelrieux, S., Buclet, N., Lescoat, P., & Moraine, M. (2017). Écologie et économie des interactions entre filières agricoles et territoire : Quels concepts et cadre d'analyse ? *Cahiers Agricultures*, *26*(2). https://doi.org/10.1051/cagri/2017013

Marderos, A., Astoul, J., Denis, B., Lenoir, H., Delouche, D., Hervé, P., Alle, G., Bérard, L., & Dagnet, J.-Y. (2014). *Le cochon : Une histoire bretonne*. Ecomusée du pays de Rennes.

Martel, G. (2019). *NiCC'El : Niveau de Couplage Culture—Elevage*. CULTURES, ELEVAGES, FERMES & TERRITOIRES : des associations pertinentes et gagnantes! Partages d'expériences entre GIEE.

Martel, G., Guilbert, C., Veysset, P., Dieulot, R., Durant, D., & Mischler, P. (2017). Mieux coupler cultures et élevage dans les exploitations d'herbivores conventionnelles et biologiques : Une voie d'amélioration de leur durabilité ? *Fourrages*, *231*, 235-245.

Martel, G., Pourias, J., & Bernier, J. (2024). Variabilité du niveau de couplage culture-élevage, des scores IDEA et de l'évaluation BIOTEX dans 10 fermes expérimentales métropolitaines. *3R2024 : 27èmes Rencontres autour des recherches sur les ruminants*.

Martel, G., Ramette, C., Bouvarel, I., Buteau, A., Fontanet, J.-M., & Mischler, P. (2020). NiCC'El. Un outil pour caractériser le niveau d'interaction entre cultures et élevage d'une exploitation et identifier les voies d'amélioration. *Innovations agronomiques*, *80*, 33-40. https://doi.org/10.15454

Mercier, E. (2025). *Etude de l'ancrage et de la circularité des filières porcines : Le cas du département des Vosges*.

Moraine, M., Duru, M., & Therond, O. (2016). A social-ecological framework for analyzing and designing integrated crop–livestock systems from farm to territory levels. *Renewable Agriculture and Food Systems*.

Roy, H., Calvar, C., Maupertuis, F., & Bordes, A. (2016a). Lien au territoire et stratégies d'approvisionnement des éleveurs de porcs en FAF: lien au sol, assolement et type de FAF. *Chambres d'agriculture de Bretagne*.

Roy, H., Calvar, C., Maupertuis, F., & Bordes, A. (2016b). Lien au territoire et stratégies d'approvisionnement des éleveurs de porcs en FAF : stratégies d'achat et lien au territoire. *Chambres d'agriculture de Bretagne*.

Roy, H., Calvar, C., Maupertuis, F., & Bordes, A. (2016c). Lien au territoire et stratégies d'approvisionnement en fabrication d'aliment à la ferme : Matières premières consommées ou achetées. *Chambres d'agriculture de Bretagne*.

Salaün, Y., Roguet, C., Massabie, P., Bidanet, J., Boulot, S., Quiniou, N., Hémonic, A., Levasseur, P., Daumas, G., Badouard, B., Antoine, E., & Roussillon, M.-A. (2013). *Mémento de l'éleveur de porc* (7e éd.). ifip - institut du porc.

Tersiguel, E., Ramonet, Y., Giteau, L., & Martel, G. (2012). Déterminants du choix de l'assolement par les éleveurs de porcs en Bretagne. *Journées Recherche Porcine*, *44*, 103-108.

Thenard, V., Martel, G., Choisis, J.-P., Petit, T., Couvreur, S., Fontaine, O., & Moraine, M. (2021). *How access and dynamics in the use of territorial resources shape agroecological transitions in crop-livestock systems : Learnings and perspectives*.

Thenard, V., & Triboulet, P. (2017). *Autonomie dans les systèmes agricoles*. Dicoagroécologie. https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/autonomie-dans-les-systemes-agricoles/

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire d'enquête

Pouvez-vous me présenter votre exploitation ?
Quels sont vos objectifs pour l'exploitation ?

> Si non citée : comment percevez-vous l'autonomie alimentaire par rapport à votre exploitation ?

Est-ce qu'une partie du travail sur l'exploitation est délégué à une CUMA ou une ETA ?

> Si oui, qui prend les décisions sur ces parties ?

Cultures
Quel est votre assolement ?
Tableau à compléter
Quelle est votre rotation ?
Avez-vous des cultures intermédiaires ? Si oui, lesquelles et à quoi servent-elles ?
Que deviennent les résidus de culture (pailles…)

Facultatif :
Quelle est la nature du sol ?
Quelle est la profondeur du sol ?
Avez-vous des installations particulières liées à l'eau (irrigation, drainage…) ?

Fertilisation
Quelle surface fertilisez-vous ?
Quel type de fertilisation ?
Combien d'unités de fertilisation organique mettez-vous sur les cultures ?

Productions animales :
Nombre d'animaux : truies, porcs produits et autres espèces

Alimentation
Comment nourrissez-vous vos animaux ? tableau à compléter
Aliment solide ou soupe ?

> Si besoin de fourrages, quel est votre besoin ? Quel type de fourrage utilisez-vous ? En achetez-vous pour le remplir ?

Litière
Quel système ?
Si besoin de litière, d'où vient-elle ?

Effluents
Quelle est la quantité totale de vos effluents ?
Exportez-vous des effluents ? Quelle quantité ?
Faites-vous de la séparation de phase ? Quelle quantité de lisier impliquée ?
Faites-vous un abattement d'azote ? Quelle quantité de lisier impliquée ?

Transformation
Quelles productions ?
Y a-t-il des déchets/ coproduits ? En quelles quantités ?
Que deviennent-ils ?

Si une partie est utilisée dans l'alimentation, quelle proportion / quantité ?

Méthanisation

Y a-t-il un méthaniseur sur l'exploitation ?
Etes-vous seul à l'utiliser ?
Avec quoi est-il alimenté ?
Que devient le digestat ?
Si plusieurs personnes, comment est-il réparti ?

Commercialisation

Comment sont commercialisés vos produits ?
Etes-vous dans un groupe de producteurs ? Lequel ?

Facultatif

Quelle est la distance avec l'abattoir ?
Quelle est la distance avec les différentes coopératives ? (céréales et aliments)
Quels coproduits sont disponibles à proximité ?

Résultats

Technico économiques

Quel est votre EBE ?
Quel est votre temps de travail hebdomadaire moyen ? Pouvez-vous me donner la répartition de ce temps sur les différents ateliers ?
Quel est votre indice de consommation ?
Mâles entiers ou castrés ?
Quelle est la consommation d'aliments par porc ?
Quel est votre pourcentage dans la gamme pour la production de porc ?
Quel est votre TMP moyen ?
Marge sur l'alimentation
Prix de vente

Environnementaux

Quelle utilisation de produits phytosanitaires avez-vous ? Quel est votre IFT ?
Avez-vous fait l'examen du GEEP par l'IFIP ?
Si oui, quels sont vos résultats (par kg de porc vif) :

- Changement climatique
- Acidification
- Ecotoxicité terrestre
- Utilisation d'énergie
- Utilisation des surfaces
- Utilisation de pesticides
- Emissions de GES
- Eutrophisation

Conclusion

Quelle note attribueriez-vous à votre exploitation sur le couplage (de 0 à 100)
Quel est votre idéal de couplage ? Comment l'atteindriez-vous (dans un monde idéal) ?

Cultures	Surface utilisée	Destination des cultures	Rendement	Fertilisation unités si possible	Remarques

Stades	Types d'aliments	Quantité	Provenance/ quantité achetée
Allaitement			
Truie gestante			
PS 1e âge			
PS 2e âge			
Engraissement			

Annexe 2 : Moyennes des caractéristiques des exploitations selon le niveau de couplage

Catégorie	SAU moyenne	SAU herbe moyenne	Mode alim. moyen	Autres PA moyen	UGB porc moyenne	Bio
Faible	103.88	41.45	0.62	0.62	2081.54	0.38
Moyen	105.32	30.16	0.93	0.57	1887.85	0.14
Élevé	214.67	46.71	1.00	0.33	1888.88	0.33

Le tableau présente les principales caractéristiques des exploitations selon leur niveau de couplage culture-élevage, classé en trois catégories : faible, moyen et élevé.

Catégorie	EBE moyen	Indice de consommation moyen	Consommation d'aliment par porc moyenne	TMP moyen	Marge alimentaire moyenne	Etat des mâles
Faible	103.88	41.45	0.62	0.62	2081.54	0.38
Moyen	105.32	30.16	0.93	0.57	1887.85	0.14
Élevé	214.67	46.71	1.00	0.33	1888.88	0.33

Les indicateurs technico-économiques présentés dans le tableau complémentaire permettent enfin de vérifier si les différences de niveau de couplage s'accompagnent de différences dans les performances technico-économiques des exploitations. Ces résultats sont non significatifs (résultats par Anova).