

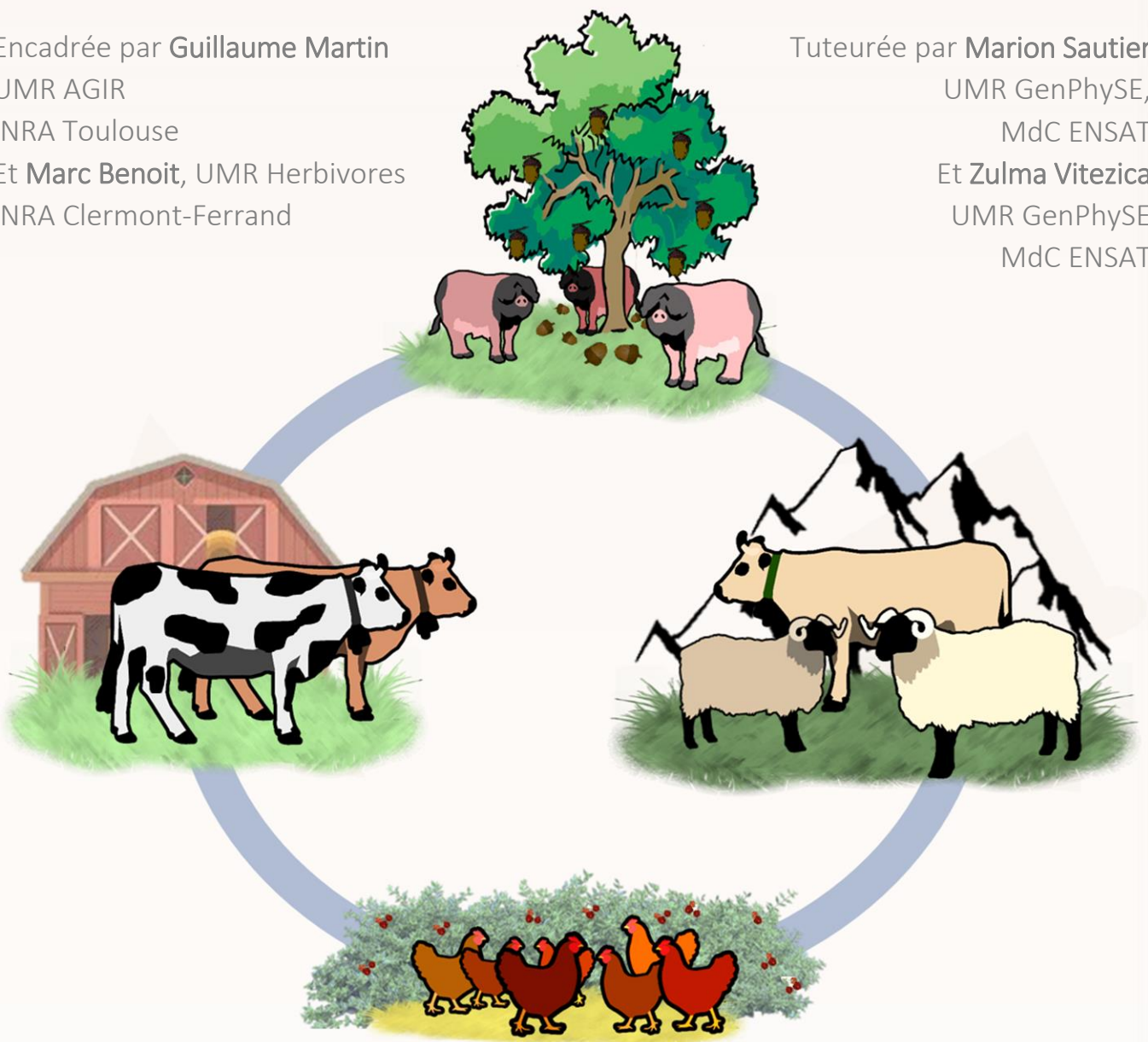
# Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome

Caractérisation des facteurs de durabilité des  
Exploitations de polyculture polyélevage en agriculture biologique

Elise Lang – 12 septembre 2019

Encadrée par **Guillaume Martin**  
UMR AGIR  
INRA Toulouse  
Et **Marc Benoit**, UMR Herbivores  
INRA Clermont-Ferrand

Tuteurée par **Marion Sautier**  
UMR GenPhySE,  
MdC ENSAT  
Et **Zulma Vitezica**  
UMR GenPhySE  
MdC ENSAT





## Résumé

Une dynamique de spécialisation de l'agriculture s'est initiée dans les années 1950 en France, ayant des conséquences environnementales, sociales et économiques négatives. Afin d'assurer la pérennité de l'agriculture française, il est nécessaire de sécuriser le revenu des agriculteurs, de préserver la qualité des sols, des eaux et de l'air, et d'adopter des pratiques socialement acceptées. Une transition pour plus de durabilité est alors primordiale, et il est proposé dans cette étude de l'amorcer en introduisant de la diversité dans les systèmes agricoles. La diversification des exploitations a été beaucoup étudiée pour la production végétale et pour l'association culture élevage, mais elle a été délaissée pour l'association de plusieurs productions d'élevage. Le but général du projet est donc d'étudier le lien entre la durabilité des exploitations de polyculture-polyélevage (PCPE) et leurs pratiques. Le but de cette étude est d'explorer les critères sur lesquels la durabilité des exploitations de ce type diffèrent. Pour ce faire, des dimensions représentant la durabilité ont été choisies et déclinées en indicateurs mesurables en fermes. Des entretiens auprès de 31 fermes de PCPE ont été réalisés afin de collecter des informations nécessaires au calcul de ces indicateurs. L'évaluation de la durabilité de ces fermes a permis d'établir des groupes de fermes aux profils de durabilité différents, et d'établir des liens entre les indicateurs. Cette étude a également mis en évidence l'importance de la multitude de dimensions pour caractériser la durabilité des fermes, et a suggéré un lien entre la durabilité et les pratiques d'élevage. Il sera donc possible, à partir des résultats de cette étude, d'explicitier ce lien entre pratique et durabilité.

## Abstract

In France, a dynamics of agriculture specialization started in the 50', with negative environmental, social, and economic consequences. To ensure French agricultural perennality, it is mandatory to secure farmers' incomes, preserve soil and air quality, and to adopt socially accepted practices. A transition towards greater sustainability is thus essential, and it is proposed in this study to trigger it by introducing diversity in agricultural systems. Exploitation diversification has been much studied in crop production and in crop-livestock integration, but has been neglected for the association of multiple animal productions. The overall goal of the project is thus to study the link between the sustainability of mixed livestock farms and their practices. The goal of this study is to explore sustainability criteria on which farms differ. To do so, dimensions featuring sustainability have been chosen and declined into indicators measurable in the farms. Interviews of 31 mixed livestock farmers were carried out to harvest information needed to compute these indicators. The evaluation of the durability of these farms led to establish farms clusters with different profiles, and to unravel links between indicators. This study also shed light on the importance of the multiplicity of the dimensions to characterize farm sustainability, and suggested a link between sustainability and farming practices. Leaning on this study, it will thus be possible to elucidate this link between practices and sustainability.



## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement Guillaume Martin pour son encadrement lors de mon stage. Ses nombreuses relectures, toujours rapides, et ses conseils m'ont permis la réalisation de ce travail et l'écriture de ce mémoire en toute sérénité. Ces remarques ont su me faire prendre du recul, notamment lors des questionnements sur la base de données, et les points fréquents, toujours dans la bonne humeur, ont été nécessaires pour mon avancement et ma compréhension. Le juste milieu qu'il a su trouver dans son encadrement entre les instructions et la liberté de prise de décisions est à la fois source de sérénité dans le travail, mais aussi très formateur.

Je remercie également Marc Benoit, qui a co-encadré ce stage, pour les nombreuses heures passées au téléphone qui m'ont permis d'avancer dans ce travail. Sa disponibilité et sa réactivité ont été à l'origine de progressions rapides, et ses connaissances techniques m'ont permis d'accéder à toutes les références nécessaires.

Je remercie également Marion Sautier et Zulma Vitezica pour le temps consacré au tutorat, à la lecture et à la correction de mon mémoire. Merci à Marion également pour la relecture de mon rapport et pour ses conseils avisés.

Je remercie bien évidemment Marie Destruel pour son accueil lors de mon arrivée et ses explications du projet MIX-ENABLE qui m'ont permis d'intégrer le projet et d'en comprendre les finesses rapidement. Merci à elle surtout pour sa bonne humeur, pour les fous rires et pour sa conduite en toute sécurité !

Je remercie Lucille Steinmetz et Manon Fuselier pour les enquêtes qu'elles ont effectuées à Clermont-Ferrand et Montpellier, et pour le temps qu'elles nous ont consacré au téléphone pour tous les compléments d'informations.

Un grand merci à tous les éleveurs interrogés qui ont permis cette étude, et particulièrement ceux que j'ai eu l'occasion de rencontrer. Ils ont pris le temps de répondre à notre questionnaire, de nous fournir des explications supplémentaires et leur accueil a toujours été chaleureux.

Je remercie également mes anciens collègues de Genphyse, sans qui le codage et l'analyse statistique auraient été beaucoup plus fastidieux. Ils ont toujours su se montrer présents pour m'aider à dompter R.

Je remercie également le personnel administratif de l'INRA qui a toujours été disponible et concilient.

Merci à Augustine, pour son aide sur R et ses explications de la PLS, à Gabrielle pour ses explications d'ACP, et merci à Mathieu pour le dessin des animaux d'élevage, que je continue d'utiliser.

Enfin, merci à mes collègues de bureau, Claire, Manon et Cristina, avec qui j'ai supporté la chaleur de l'été, et la chaleur de l'hiver également, ainsi que l'ouverture, la fermeture, et l'ouverture de la porte. Je suis persuadée que l'ambiance du bureau des stagiaires aura rarement été aussi bonne.

## Table des matières

Liste des figures .....	1
Liste des tableaux .....	2
Liste des abréviations .....	2
1. Introduction.....	3
1.1. Remise en question des pratiques agricoles et de l'élevage.....	3
1.2. Une réponse par l'agroécologie .....	4
2. Etat de l'art .....	6
2.1. Bénéfices théoriques de la diversification.....	6
2.2. Méthodes d'évaluation de la durabilité des systèmes complexes.....	9
3. Présentation du projet MIX-ENABLE et des objectifs du stage .....	11
3.1. Pourquoi l'Agriculture biologique (AB) ? .....	11
3.2. Organisation du projet .....	11
3.3. Intégration du stage dans le projet et objectifs du stage.....	12
4. Matériel et méthodes.....	12
4.1. Choix des indicateurs.....	12
4.2. Création d'une base de données.....	18
4.3. Analyses des données.....	19
5. Résultats .....	24
5.1. Description des données .....	24
5.2. Choix du nombre de composantes pour l'ACP.....	29
5.3. Classification des variables sur les composantes principales.....	30
5.4. Classification des fermes sur les composantes principales.....	33
6. Discussion .....	41
6.1. Discussion sur les résultats.....	41
6.2. Discussion sur la méthode.....	43
6.3. Une base pour de futures analyses .....	44
Bibliographie.....	45
Annexes .....	51

## Liste des figures

Figure 1 : Principes de la transition agroécologique en élevage (Altieri, 2002; Dumont, Fortun-Lamothe, Jouven, Thomas, & Tichit, 2013) .....	5
Figure 2 : Schéma récapitulatif des intérêts théoriques de la diversification à l'échelle de l'exploitation et lien avec le développement durable .....	6
Figure 3 : Description de l'organisation du projet MIX-ENABLE (Martin, Steinmetz, Blanc, & Benoit, 2018) .....	12
Figure 4 : Processus pour le choix des indicateurs de la méthode d'évaluation (de Olde et al., 2017).....	13
Figure 5 : répartition géographique des fermes enquêtées.....	18
Figure 6 : Représentation graphique du nombre de valeurs manquantes par indicateur. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.....	21
Figure 7 : Vérification de l'implémentation des valeurs manquantes par régression partielle des moindres carrés par rapport au jeu de donnée initial. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.....	22
Figure 8 : Caractéristiques de l'utilisation des terres des fermes (SAU, parcours, cultures, prairies totales, temporaires et permanentes) .....	24
Figure 9 : Caractéristiques des fermes en termes d'animaux (nombre d'UGB) et de travailleurs (associés, employés et bénévoles).....	25
Figure 10 : Version graphique de la matrice de corrélation des variables étudiées. Les tons bleus représentent des corrélations positives et les tons rouges représentent des corrélations négatives. L'intensité de la couleur et la taille des cercles représentent l'importance de la corrélation : plus le cercle est grand et foncé, plus la corrélation est proche de 1 ou -1. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.....	26
Figure 11 : Valeurs propres des dimensions et variance expliquée par chaque dimension – tableau et représentation graphique. ....	29
Figure 12 : Qualité de représentation des variables sur les 7 premières dimensions – tableau et représentation graphique. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15. ....	30
Figure 13 : Représentation des variables sur les composantes principales en fonction de leur contribution aux axes. Plus la couleur est bleue, plus la contribution est faible, plus la couleur est rouge, plus la contribution est forte. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15. ...	30
Figure 14 : Représentation des principaux liens mis en valeur par l'ACP entre les variables.....	33
Figure 15 : Dendrogramme de classification des fermes après ACP.....	34
Figure 16 : Représentation des individus sur les axes 1-2 et 1-3 .....	34
Figure 17 : Représentation des individus en fonction de (1) à gauche leurs ateliers : 2 ateliers de ruminants(R-R en orange) ou 1 atelier ruminant et 1 atelier monogastrique (R-M en violet) ; et de (2) à droite leur localisation : INRA Clermont-Ferrand (C en orange), INRA de Montpellier (M en violet) ou INRA de Toulouse (T en vert).....	35
Figure 18 : Caractéristiques de la ferme 7 par rapport à la population totale. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15. ....	36
Figure 19 : Caractéristiques de la ferme 10 par rapport à la population totale. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.....	37
Figure 20 : Caractéristiques de la ferme 14 par rapport à la population totale. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.....	38
Figure 21 : Caractéristiques de la ferme 2 par rapport à la population totale. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15. ....	39
Figure 22 : Part de la surface agricole utilisée en grandes cultures restant nue pendant l'hiver en France métropolitaine dans les différentes régions. D'après (Agreste, 2014) .....	42

## Liste des tableaux

Tableau 1 : La méthode IDEA : un exemple de méthode d'évaluation basée sur des composantes de la durabilité .....	10
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des dimensions, thèmes et indicateurs utilisés lors de l'étude, ainsi que les modes de calculs .....	15
Tableau 3 : Combinaisons analysées dans les différents centres INRA. BL = Bovin Lait, BV = Bovin Viande ..	19
Tableau 4 : Variables de structures considérées.....	24
Tableau 5 : Liste des variables finales utilisées dans l'analyse statistique.....	26
Tableau 6 : Caractérisation des variables quantitatives.....	28
Tableau 7 : Caractérisation des variables qualitatives .....	28
Tableau 8 : Médianes sur des indicateurs de structure des groupes et p-value du test de Kruskal-Wallis....	41

## Liste des abréviations

AB : Agriculture Biologique
ACM : Analyse en composantes multiples
ACP : Analyse en composantes principales
AFDM : Analyse factorielle de données mixtes
BL : Bovin lait
BV : Bovin viande
E : Energie
CHCP : Classification hiérarchique sur composantes principales
IDELE : Institut De l'Elevage
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
INSEE: Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
ITAB : Institut Technique de l'Agriculture Biologique
MB : Matière brute
MS : Matière sèche
PCPE : Polyculture polyélevage
SAU : Surface agricole utile
SU : Sans unité
UF : Unité fourragère
UGB : Unité gros bétail
UTH : Unité de travail humain



# 1. Introduction

## 1.1. Remise en question des pratiques agricoles et de l'élevage

### 1.1.1. Vers une spécialisation de l'agriculture

En France, des événements démographiques majeurs, initiés au 19<sup>ème</sup> siècle et accentués après la seconde guerre mondiale, ont créé un clivage entre le monde urbain et le monde rural, et plus particulièrement le monde agricole (Larousse, s. d.). La concentration de la population française dans les villes a éloigné géographiquement les consommateurs et les producteurs. Le développement des réseaux de grande distribution a amplifié cet éloignement (FNCC, 2005), engendrant une déconnexion entre la production agricole et les consommateurs (Griffon, 2013; Lamine & Chiffolleau, 2012). Parallèlement, les avancées technologiques faites pendant la révolution agricole après 1945 ont fourni aux agriculteurs de nouveaux outils via la mécanisation, la sélection génétique ou l'utilisation d'intrants chimiques, qu'il s'agisse d'engrais ou de pesticides (Griffon, 2013). Ces innovations techniques, ainsi que la demande croissante en denrées alimentaires, ont amené l'agriculture à se spécialiser pour diminuer les coûts de production et augmenter les rendements par unité de travailleur et unité de surface. Cela a eu pour conséquence une diminution du prix des produits alimentaires : depuis 1960, la part de la dépense alimentaire dans le budget des ménages n'a cessé de décroître, pour passer de 35% en 1960 à 20% en 2014 (Larochette & Joan Sanchez-Gonzalez, 2015). Le consommateur français s'est donc habitué, ces dernières décennies, à s'alimenter à bas prix en passant par de nombreux intermédiaires qui gommant la provenance des denrées alimentaires achetées, et la façon dont celles-ci sont produites.

### 1.1.2. Conséquences de la spécialisation de l'agriculture

La spécialisation de l'agriculture n'est pas sans conséquences sur le plan environnemental, économique, social et sanitaire. L'agrandissement et la spécialisation des exploitations portent atteinte à la biodiversité cultivée et associée (Vasseur et al., 2013), le travail fréquent et intensif du sol nuit à sa qualité, l'utilisation d'intrants chimiques et d'énergies fossiles polluent l'air, le sol et les eaux et la spécialisation par production de fermes, voire de zones imposent des transports accrus de produits et concentrent les pollutions géographiques (Mignolet, Schott, Benoît, & Meynard, s. d.). La spécialisation accroît la dépendance des agriculteurs aux lois du marché puisqu'ils sont dépendants de ressources extérieures. Cela les expose davantage à sa volatilité croissante, laquelle nuit à la sécurisation de leurs revenus (Chambres d'agriculture, 2016; Gohin, 2011). Ce phénomène impose aux agriculteurs de s'agrandir pour faire des économies d'échelle, et ainsi conserver une marge économique. Cela établit une dynamique globale d'intensification de laquelle résulte une augmentation du rendement par unité de travail pour compenser la baisse des revenus. Cette intensification impacte directement la qualité de vie des exploitants. De plus, l'utilisation d'engrais de synthèse et de pesticides chimiques dans les cultures, ainsi que de médicaments allopathiques destinés aux animaux d'élevage, présentent des risques pour la santé humaine (Griffon, 2013), soit pour les consommateurs ingérant les produits traités, soit pour les agriculteurs en contact régulier avec ces produits.

### 1.1.3. Nécessité d'une transition pour plus de durabilité

En conséquence, la société exprime un mécontentement de plus en plus fort vis-vis des pratiques agricoles en raison de leurs impacts sur la santé humaine et sur l'environnement. L'élevage est par exemple particulièrement pointé du doigt en raison des problèmes qu'il génère. Il est très critiqué en raison des émissions de gaz à effet de serre (environ 6% des gaz à effets de serre (World resources institute, 2009)) et des impacts qu'il a sur l'environnement, comme c'est le cas pour la dégradation de la qualité des eaux en Bretagne (König, 2016). Il est source d'accaparement de terres (Manceron, Ben-Ari, & Dumas, 2014), ce qui pose la question de la compétition pour les terres destinées à l'alimentation humaine (FOOD) et à l'alimentation animale (FEED). En effet, en France, environ 37% des terres agricoles cultivées le sont pour l'alimentation du

bétail (Manceron et al., 2014), et un total de 70% des surfaces agricoles, incluant les prairies et parcours, sont dédiées à l'élevage (Mollier, 2017). Des considérations éthiques vis-à-vis du bien-être des animaux d'élevage se font également entendre (Berthereau, 2018). La provenance comme les processus de production de l'alimentation redeviennent donc des préoccupations pour les consommateurs, amenant à une remise en question des modèles agricoles de l'amont à l'aval, afin d'assurer la durabilité de l'agriculture (Griffon, 2013). La durabilité fait écho au développement durable, qui se définit par « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs » (Conseil de la FAO, 1989). Le développement durable est classiquement considéré selon 3 piliers afin d'assurer un développement « économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement soutenable » (INSEE, 2016). L'agriculture doit donc répondre à ces 3 principes pour être durable et, considérant les systèmes agricoles actuels, une transition est pour cela nécessaire.

## 1.2. Une réponse par l'agroécologie

### 1.2.1. Grandes notions de la transition agroécologique : la diversité, un concept central

La transition agroécologique est un terme de plus en plus employé pour qualifier une voie d'évolution des systèmes agricoles. Le mot « agroécologie » a été utilisé pour la première fois en 1928 par Bensing, pour se diffuser durant la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle (Hérault & Sédillot, 2013). L'agroécologie, se base sur la valorisation des processus naturels et de la diversité biologique pour garantir des systèmes d'alimentation « [respectueux] des hommes et de leur environnement » (Hazard et al., 2016). Cette définition du dictionnaire l'agroécologie est issue de la réflexion de chercheurs pluridisciplinaire cherchant à définir les contours de l'agroécologie, afin que ses principes soient accessibles à tous. La transition agroécologique consiste en une refonte profonde des systèmes agricoles. La multiplicité d'acception est un concept central de l'agroécologie et un levier essentiel dans la mutation des pratiques (Hazard et al., 2016). En effet, cette évolution vers des agricultures durables passe par une diversité d'échelles pour transformer les pratiques, en s'appliquant à la parcelle, à l'ensemble de l'exploitation, mais aussi aux territoires. Pour ce faire, une diversité de disciplines est nécessaire afin d'adapter les pratiques et les exploitations à la transition agroécologique. Celle-ci fait appel aux mondes de l'agronomie et de l'écologie pour innover techniquement, à l'économie pour assurer la viabilité des exploitations et le dynamisme des territoires, ainsi qu'à la sociologie notamment pour identifier les freins à ces modifications de la part des producteurs et des consommateurs. Finalement, une diversité d'acteurs va assurer le bon fonctionnement de ces systèmes et leur diffusion. Les scientifiques participent à la recherche de nouvelles solutions à des échelles nationales, voire internationales. Les professionnels du monde agricole les testent, les adaptent, les perfectionnent, et parallèlement, innovent à l'échelle de leur exploitation. Les responsables des politiques publiques participent à la diffusion de ces modes de production à travers leurs décisions. Finalement, les citoyens et consommateurs, par leur vote et leurs choix de consommation, soutiennent l'ancrage et la viabilité de cette agriculture.

Parmi cet ensemble d'échelles, de disciplines et d'acteurs, le triptyque exploitation-production agricole-agriculteur est à la base de la transition agroécologique, et la diversification à l'échelle de la ferme en est un enjeu majeur. Cette diversification peut se faire à travers plusieurs dimensions :

- Une diversité de productions (agricole, énergétique)
- Une diversité d'activités (services agricoles, transformation de produits, agrotourisme)
- Une diversité de modes de commercialisation (vente directe, circuit courts, grande distribution)

L'ensemble de ces dimensions est étudié ici, mais c'est la diversité de production qui est l'objet central de mon stage. En effet, la spécialisation des exploitations agricoles est un facteur favorable à l'intensification évoquée dans la première partie et à l'origine des revendications sociétales (J.-L. Peyraud, Taboada, & Delaby, 2014; Schott, Puech, Picaud, & Mignolet, 2017). Pour de nombreux scientifiques, inverser cette tendance à

la spécialisation est une nécessité pour une transition agroécologique vers des systèmes de production durables (Benton, Vickery, & Wilson, 2003; Mijatović, Meldrum, & Robitaille, 2019).

### 1.2.2. Diversification en élevage

De nombreuses recherches ont déjà été faites sur la diversité des productions végétales au sein de l'exploitation ainsi que sur l'association culture-élevage. La modification des pratiques d'élevage a d'ailleurs été étudiée pour faire émerger 5 grands principes permettant d'accompagner la transition agroécologique de l'élevage, dont la diversité qui favorise la résilience (Figure 1).

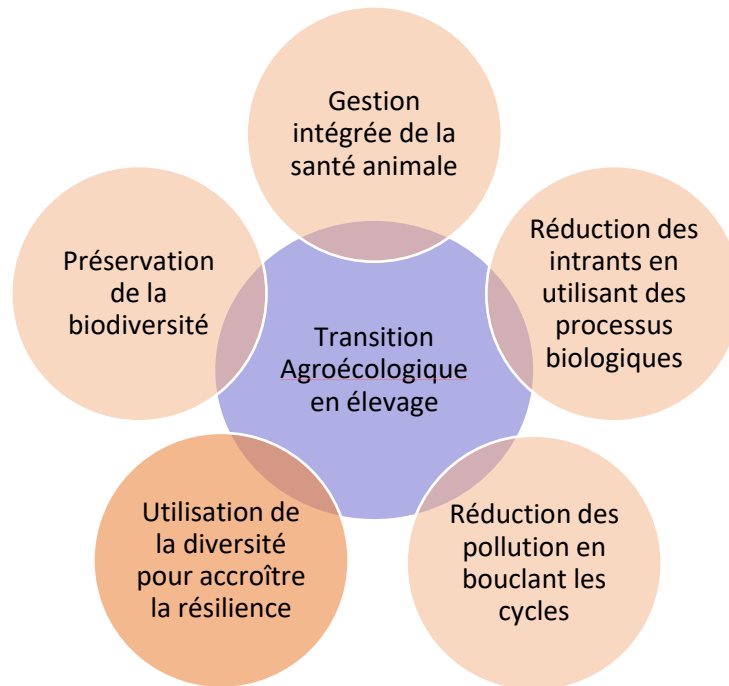


Figure 1 : Principes de la transition agroécologique en élevage (Altieri, 2002; Dumont, Fortun-Lamothe, Jouven, Thomas, & Tichit, 2013)

Néanmoins, la diversification en élevage, c'est-à-dire l'intégration de plusieurs ateliers animaux dans l'exploitation, est un type de diversification qui reste très peu documenté. Il est également peu répandu en France et il est compliqué d'estimer combien il en existe. En 2013, 55000 exploitations agricoles pratiquaient la polyculture et/ou le polyélevage (Agreste, 2015) mais le détail du nombre d'exploitations en polyélevage n'est pas disponible. A l'échelle de la région Occitanie, le recensement des exploitations en polyélevage existe, mais le nombre d'exploitations étant très faible, il s'agit d'une base de données individuelles. La loi de protection des données individuelles explique que celle-ci n'était pas accessible pour ce rapport. Le caractère durable de ces exploitations n'a jamais été étudié et il n'a pas été vérifié que la diversité de productions animales au sein d'un système pouvait conférer des avantages. Dans l'objectif de tester cette hypothèse générale, le projet MIX-ENABLE a pour but de produire des références à propos de ce type de diversification en évaluant la durabilité de ces élevages en fonction des pratiques. Pour cela, il est nécessaire d'étudier d'un côté, la durabilité des exploitations en activité, et de l'autre leurs pratiques d'élevage.

Mon étude se focalise sur l'analyse de la durabilité des exploitations en se basant sur les hypothèses spécifiques suivantes : 1) les fermes diffèrent en termes de profils durabilité ; 2) les structures des fermes expliquent les différences de profils de durabilité. Il en découlerait que les fermes puissent être caractérisées dans des groupes de profil de durabilité dépendamment de facteurs de structure. Mon stage s'attachera à évaluer la durabilité des exploitations de polyculture polyélevage biologiques en se reposant sur le pilier thématique de la diversité et sur le pilier méthodologique de l'évaluation. J'aurai ainsi pour objectifs :

- D'évaluer la durabilité des fermes de PCPE
- De discriminer des profils d'exploitations au regard de leur durabilité
- D'expliciter les critères de durabilité pouvant expliquer la diversité de ces profils
- De relier les profils de durabilité aux profils de structures des fermes

## 2. Etat de l'art

### 2.1. Bénéfices théoriques de la diversification

Les auteurs qui ont conceptualisé les principes de l'agroécologie en élevage (Figure 1) établissent, en se basant sur la littérature, que la diversité augmente la résilience (capacité à s'adapter aux perturbations ou à revenir à un régime de routine face à un milieu changeant (De Oliveira, Coroller, Perrin, & Martin, 2019)), favorisant donc sa durabilité. En effet, il a été montré que l'augmentation du nombre de productions sécurise le revenu de l'exploitant en atténuant les variations des prix des produits au cours du temps grâce à la répartition des rentrées d'argent (Cordier, Erhel, Pindard, & Courleux, 2008).

Il y a également des avantages agronomiques théoriques engendrés par la diversification qui favorisent la durabilité de l'exploitation. Cette partie est consacrée à mettre en lumière l'importance des liens entre chacun des ateliers de production pour garantir la durabilité du système. Ces liens sont repris sur la Figure 2 et mis en relation avec l'amélioration de la gestion des risques, permise par la diversification, et qui améliore la durabilité de l'exploitation.

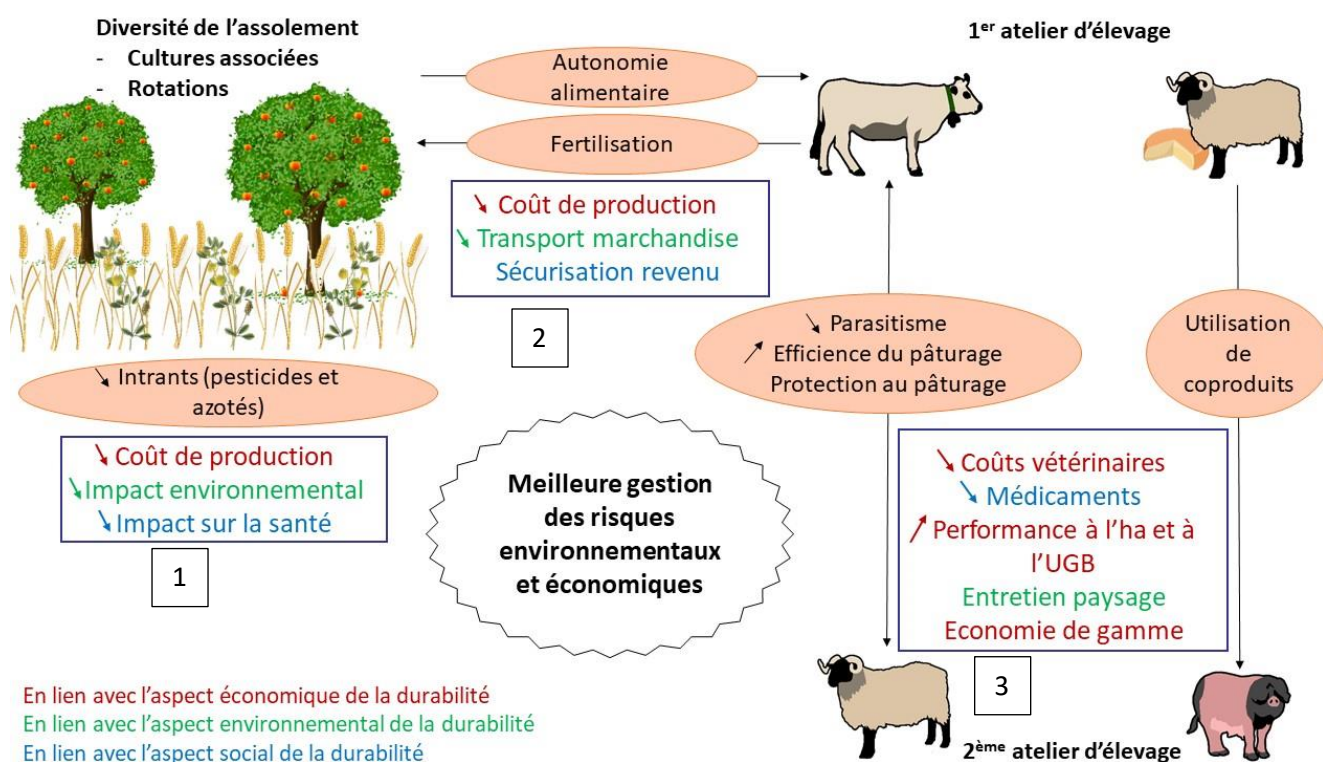


Figure 2 : Schéma récapitulatif des intérêts théoriques de la diversification à l'échelle de l'exploitation et lien avec le développement durable

#### 2.1.1. Diversité de l'assolement (1 de la Figure 2)

La diversification peut se faire sur l'assolement, soit à l'échelle de la parcelle via les cultures associées ou l'agroforesterie par exemple, soit à l'échelle du parcellaire via les rotations. Qu'elle soit sur une même parcelle ou sous forme de rotations, la diversité des plantes cultivées est un levier d'action pour diminuer les intrants et diminuer l'impact des cultures sur l'environnement et la santé humaine. Diversifier l'assolement permet en effet de casser les cycles des adventices ou des ravageurs, diminuant l'utilisation de pesticides.

De plus, inclure des légumineuses, qui ont la capacité de fixer l'azote de l'air (N<sub>2</sub>), dans les parcelles ou rotations augmente la concentration en azote du sol. Cet enrichissement profite aux autres cultures et limite les apports azotés de synthèse en améliorant la qualité du sol. En plus de diminuer l'impact des cultures sur l'environnement et la santé humaine, ces avantages agronomiques peuvent diminuer les coûts de production via la réduction d'intrants (Bézat, Quenu, & Martin, 2016; Hérault & Rosenwald, 2012), ce qui fait écho à chacune des dimensions de la durabilité.

Enfin, diversifier l'assolement peut être une réponse au risque climatique en sécurisant le revenu (Cordier et al., 2008) : en cas d'accident sur une récolte dû à un aléa climatique, d'autres espèces cultivées participent aux ventes de l'exploitation. Les espèces végétales étant cultivées à différents moments de l'année et ayant différentes résistances aux variations de températures ou précipitation, elles sont plus ou moins affectées par les événements climatiques (Noury, Fourdin, & Pauthenet, 2013).

### 2.1.2. Diversité culture-élevage (2 de la Figure 2)

Diversifier en incluant des productions végétales et animales dans les exploitations présentes également des avantages grâce à l'association entre les cultures et l'élevage. Lier ces deux productions entre elles améliore l'autonomie des exploitations, rendant les agriculteurs moins dépendants des variations de prix du marché. La fertilisation organique issue de l'atelier animal profite aux cultures (Sneessens, 2016) et l'alimentation du système d'élevage peut se baser sur les productions végétales (Stark, Fanchone, Semjen, Moulin, & Archimède, 2016). Cette association peut augmenter les performances des systèmes agricoles sur le plan économique (Bell, Moore, & Kirkegaard, 2014) et participe à la sécurisation des revenus de l'exploitant en diminuant leur dépendance aux lois du marché. Les pollutions dues aux transports de marchandises sont également diminuées puisque les productions nécessaires au système d'exploitation sont issues d'une même ferme.

### 2.1.3. Diversité en élevage (3 de la Figure 2)

Quelques recherches sur des aspects spécifiques explicités ci-dessous ont été menées pour analyser les bénéfices de la diversification en élevage. Il est ressorti de recherches expérimentales factorielles, c'est-à-dire non systémiques, des intérêts à associer deux espèces d'herbivores en extérieur, vis-à-vis du pâturage ou de la vie en troupeau des individus. Associer deux ateliers animaux peut également présenter des avantages économiques en optimisant les coûts et en valorisant les coproduits, renforçant donc la durabilité des exploitations.

#### 2.1.3.1. Intérêts du pâturage mixte

Le pâturage mixte a été beaucoup étudié et il est ressorti d'études en fermes expérimentales des avantages divers. Le pâturage de plusieurs espèces impacte tout d'abord la diversité et le type de végétation des prairies. Il a par exemple été montré que le pâturage mixte ovin-bovin augmentait la quantité de plantes pérennes dans les prairies par rapport à du pâturage avec une seule espèce (Decruyenaere, Hennart, & Stilmant, 2007). De même, l'importance du pâturage mixte entre des ovins et des bovins a été mise en valeur pour conserver la qualité des prairies et éviter le développement d'espèces invasives (Fraser & Rosa García, 2018).

Des études ont aussi mis en valeur l'augmentation des performances individuelles des ovins dans des conditions de pâturages mixtes ovins-bovins, en comparaison à des systèmes où les ovins étaient seuls sur les pâtures (Fraser & Rosa García, 2018). L'étude de (Nolan & Connolly, 1989) montre que le gain moyen quotidien des ovins et des bovins en condition de pâturage mixte est supérieur au gain moyen quotidien en condition de pâturage seul.



L'efficacité du pâturage est accrue du fait des différences de comportements alimentaires entre les espèces. Par exemple, les ovins sont plus sélectifs que les bovins. L'association des deux espèces au pâturage implique donc une consommation plus homogène de la prairie (Cuchillo-Hilario, Wrage-Mönnig, & Isselstein, 2018). De même, l'article (Bojkovski, Štuhec, Kompan, & Zupan, 2014) a mis en valeur des différences de comportements entre les ovins et les caprins, notamment face aux aléas climatiques qui impactaient leur consommation alimentaire de différentes manières. Ces complémentarités entre espèces peuvent donc augmenter l'efficacité du pâturage lorsque le chargement n'est pas trop important, afin de ne pas impacter trop fortement le tassement des sols (Decruyenaere et al., 2007).

Enfin, de nombreuses recherches se sont penchées sur le lien entre pâturage mixte et pression parasitaire. Le cas de l'association entre les ovins et les bovins est très documenté : il ressort une diminution de la pression parasitaire en conditions de pâturage mixte, que ces deux espèces différentes pâturent sur les mêmes surfaces en même temps (D'Alexis, Sauvart, & Boval, 2014; Jordan, Phillips, Morrison, Doyle, & McKenzie, 1988) ou l'une après l'autre (Rocha et al., 2008). Ce résultat ne s'applique néanmoins pas pour des espèces plus proches, comme les chèvres et les moutons qui sont tous deux des hôtes de nématodes très similaires. Les faire pâturer sur les mêmes prairies, simultanément ou successivement, accroît dans ce cas la pression parasitaire et augmente le risque d'infestation (Torres-Acosta & Hoste, 2008).

D'une manière générale, le pâturage mixte entre grands et petits ruminants, lorsqu'il est géré correctement, semble intéressant pour la durabilité des prairies tout en conservant, voire en améliorant la productivité des animaux d'élevage.

#### *2.1.3.2. Intérêt de la vie en troupeau de différentes espèces*

La vie en troupeau de plusieurs espèces d'herbivores peut présenter des avantages à l'extérieur, notamment concernant la prédation. L'intégration de lamas dans des troupeaux d'ovins a par exemple pour effet de réduire la prédation des coyotes aux Etats-Unis (Meadows & Knowlton, 2000). De mêmes, constituer des troupeaux de bovins et de caprins et/ou d'ovins a un effet de protection des petits ruminants contre ces prédateurs américains (Anderson, Fredrickson, & Estell, 2012).

#### *2.1.3.3. Economies de gamme et utilisation des coproduits d'un atelier à l'autre*

Diversification en élevage ne signifie pas gestion différente des deux ateliers. Au contraire, les ressources, la main d'œuvre et le matériel utilisé par un atelier peut être utilisé pour l'autre (Perrot, Caillaud, & Chambaut, 2013). Cette gestion commune des deux ateliers limite ainsi les investissements et génère des économies de gammes intéressantes pour l'exploitation. L'utilisation de coproduits d'un atelier à l'autre peut également être intéressante dans des fermes de PCPE. Par exemple, dans le cas d'une exploitation laitière (ovine ou bovine) intégrant un atelier porcin, le lactosérum produit lors de la transformation du lait peut être utilisé pour l'engraissement des cochons. Cette diversification limite donc les fuites dans l'environnement en valorisant les coproduits, augmentant l'efficacité de la production à l'échelle de la ferme.

#### *2.1.3.4. Limites des travaux concernant la diversification en élevage*

Si les intérêts listés ci-dessus sont nombreux, les travaux dont ils sont issus comportent des limites. La plupart proviennent de recherches expérimentales. Les conditions d'étude parfois éloignées des exploitations agricoles peuvent expliquer que ces résultats ne se retrouvent pas dans des cas réels. Il s'agit pourtant, à travers ces recherches, d'accompagner les agriculteurs dans leurs choix de pratiques, et une similarité des conditions d'étude et de pratique est pour cela impératif. Ce décalage entre les expérimentations et le terrain ne rend donc les résultats évoqués précédemment que partiellement exploitables pour les agriculteurs.

Ces travaux ont aussi de limitant leur nature fragmentaire et factorielle à plusieurs niveaux, tout d'abord dans leur caractérisation de la durabilité. De nombreux bénéfices sont étudiés par le prisme de certaines dimensions de la durabilité, sans toutes les prendre en compte. Cette considération souvent incomplète de

la durabilité pose problème lors de la diffusion des pratiques en fermes commerciales : si une technique durable sur le plan environnemental nuit à la viabilité économique de l'exploitation, elle ne pourra perdurer dans le temps.

Enfin, ces recherches peuvent également avoir de partiel leur objet d'étude. De nombreux aspects techniques et spécifiques en lien avec la diversification sont étudiés, mais ils le sont séparément les uns des autres. Les changements de l'organisation du travail dus à la diversification sont par exemple rarement pris en compte et les interactions entre pratiques (antagonismes, synergies) ne sont pas toujours étudiées. Pourtant, c'est l'ensemble d'un système agricole qui le fait fonctionner et qui permet sa durabilité. Une vision globale appliquée en fermes commerciales est donc nécessaire pour vérifier la robustesse et la généralisation de ces bénéfices au sein d'un système agricole. Un besoin de références se fait ressentir pour évaluer la durabilité des systèmes complexes, comme les fermes de PCPE, afin d'étudier le rôle de la diversification en élevage dans l'amélioration de la durabilité de ces systèmes.

## 2.2. Méthodes d'évaluation de la durabilité des systèmes complexes

### 2.2.1. Principes d'une méthode d'évaluation

Afin d'évaluer la durabilité des exploitations agricoles, il faut tout d'abord expliciter ce qu'est la durabilité. Les piliers économique, social et environnemental qui caractérisent la durabilité sont des concepts théoriques permettant difficilement d'établir un modèle capable d'évaluer la durabilité. Il faut pour cela déterminer des critères qualifiables ou quantifiables à partir de ces piliers pour évaluer les systèmes de manière homogène. Déterminer ces critères se fait par :

- La définition du cadre d'analyse : le but de l'évaluation effectuée et le sens attribué à la durabilité, ce, en lien avec le contexte des exploitations étudiées
- Le choix de dimensions pertinentes au vu du cadre d'analyse défini
- La réflexion et la sélection d'indicateurs permettant une mesure pour les dimensions choisies

Il est donc nécessaire de mettre en place des indicateurs mesurables à l'échelle de l'exploitation, quantifiables ou qualifiables, et représentatifs des dimensions de la durabilité choisie. Ces indicateurs permettent ensuite d'établir un guide d'enquête, afin de récolter les informations nécessaires sur le terrain, dans des exploitations sélectionnées sur des critères précis. Une fois collectées, les données sont regroupées afin de créer une base de données, sujette à l'analyse statistique. Il existe déjà plusieurs méthodes d'évaluation de la durabilité. Cette partie s'attachera à présenter ces méthodes et à en étudier les limites dans le cadre de ce projet.

### 2.2.2. Méthodes d'évaluation existantes

Les diverses méthodes d'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles visent chacune des types d'exploitations différentes en se basant sur divers indicateurs. Des méthodes permettent tout d'abord d'évaluer la durabilité des exploitations en se basant sur chacun de ses piliers, mais ne sont pas adaptables pour toutes les productions. Par exemple, les méthodes ELVIRA (Elevage Vlande duRABLE) et DIAMON sont spécifiques respectivement à l'élevage bovin allaitant et palmipède/cunicole (Idèle, 2013; Litt, Fortun-Lamothe, & Coutelet, 2009). Elles ne sont donc pas applicables aux élevages mixtes.

Pour avoir une vision globale de la durabilité en systèmes d'élevages diversifiés, il est nécessaire d'inclure chaque dimension de la durabilité à une méthode applicable à toutes les productions. C'est par exemple le cas de IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) et SAFA (Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems) (FAO, 2014; Zahm, Viaux, Vilain, Girardin, & Mouchet, 2008) qui proposent une vision économique, sociale et environnementale de la durabilité des exploitations. La méthode IDEA se base

par exemple sur 10 composantes (Tableau 1) qui définissent la durabilité et 42 indicateurs calculés grâce aux mesures sur le terrain.

Tableau 1 : La méthode IDEA : un exemple de méthode d'évaluation basée sur des composantes de la durabilité

Echelle	Composante
Agroécologique	Diversité domestique
	Organisation de l'espace
	Pratiques agricoles
Socio-territoriale	Qualité des produits et du terroir
	Emploi et service
	Ethique et développement humain
Economique	Viabilité économique
	Indépendance
	Transmissibilité
	Efficiences

La méthode MESMIS (Assessing the Sustainability of Natural Resource Management Systems) permet également d'évaluer la durabilité de tous types de productions (Cerutti et al., 2014; López-Ridaura, Masera, & Astier, 2002). Cette méthode propose 7 dimensions pour la durabilité : la productivité, la stabilité, la fiabilité, la résilience, l'adaptabilité, l'équité et l'autonomie.

Toutefois, ces méthodes (MESMIS, IDEA, SAFA) considèrent de manière positive l'agrobiodiversité à l'échelle de la ferme en faisant le postulat que la diversification est toujours un avantage. C'est ce postulat que le projet MIX-ENABLE a pour but de questionner. Une méthode existe ne considérant pas la diversité comme impliquant obligatoirement plus de durabilité. Il s'agit de la méthode LCA (Lyfe Cycle Assessment) (Boone et al., 2016). L'analyse du cycle de vie évalue l'impact de la création des produits sur l'environnement mais délaisse les autres dimensions de la durabilité. Il s'agit ici d'une méthode visant à évaluer l'impact de l'exploitation sur l'environnement en prenant peu en compte l'influence des pratiques sur cet impact. Cette dernière méthode gomme donc les différences entre les systèmes sans considérer les aspects économiques et sociaux. Ce manque d'étude globale de la durabilité ne convient pas non plus dans le cadre de cette étude.

### 2.2.3. Nécessité d'une nouvelle méthode d'évaluation

Dans ce projet, les but est de collecter des données sur les pratiques agricoles, de les mettre en relation avec le contexte pédoclimatique et social de la ferme, et de les relier à la durabilité afin d'en comprendre les causes tout en discutant le postulat suivant : « la diversité est source de durabilité » pour en préciser le domaine de validité (sous quelles conditions de gestion/pratiques en particulier). L'ensemble des méthodes d'évaluation de la durabilité évoquées comportent des avantages, mais elles présentent toutes des limites puisqu'aucune ne réunit toutes les conditions cruciales pour ce projet qui sont :

- S'appliquer aux systèmes complexes comme l'élevage diversifié
- Considérer la durabilité dans son ensemble en prenant en compte toutes ses dimensions
- Ne pas partir du postulat que la diversité est toujours positive au sein d'un système

Une nouvelle méthode d'évaluation s'impose donc pour mesurer la durabilité des fermes en PCPE. Celle-ci doit permettre de produire des références sur ces fermes, d'identifier les facteurs de leur durabilité pour garantir une vision globale et appliquée en fermes commerciale, et tester les bénéfices de la diversification pour une agriculture durable.



### 3. Présentation du projet MIX-ENABLE et des objectifs du stage

Le projet MIX-ENABLE est un projet européen financé par Core Organic qui a pour but de pallier ce manque de connaissances sur les élevages mixtes. Ce projet se concentre sur les exploitations certifiées en agriculture biologique.

#### 3.1. Pourquoi l'Agriculture biologique (AB) ?

##### ***Les grandes lignes du cahier des charges en AB (FNAB, 2014, s. d.)***

- *Interdiction d'utiliser des produits chimiques de synthèse*
- *Interdiction d'utiliser des traitements allopathiques chimiques pour les animaux dans un but préventif*
- *Interdiction d'attacher ou d'isoler les animaux*
- *Réglementation des mutilations et réduction des temps de transport.*
- *Utilisation exclusivement d'intrants certifiés bios (semences, plants, alimentation des animaux d'élevage...)*

Il semblait en effet intéressant de se concentrer sur les fermes certifiées au vu des enjeux que représente l'AB et des réponses qu'elle apporte aux problématiques sociétales, environnementales et économiques par son cahier des charges (FNAB, 2014, s. d.). L'AB, apparu en France dans les années 50, officiellement reconnu en 1981 et devenant une certification en 1991 dans l'Union Européenne (Weissenberger, 2015), est effectivement un mode de production en forte expansion avec une explosion de la demande : les achats de produits certifiés AB ont augmenté de 17% entre 2016 et 2017 seulement, pour représenter 8,373 milliards d'euros (Agence Bio, 2018). Pour répondre à cette demande, l'offre de produits labellisés augmente, mais de façon moins importante. La proportion des surfaces certifiées a augmenté de 13% entre 2016 et 2017 (Agence Bio, 2018) pour représenter 7,5% de la surface agricole française, 10% des exploitations et 14% des emplois (Agence Bio, 2019). Afin que le nombre d'exploitations agricoles certifiées augmente de façon à répondre à l'explosion de la demande, produire des références sur ce mode de production est un moyen de favoriser la conversion des exploitations justifiant l'intérêt du projet MIX-ENABLE pour l'AB.

Le choix de la certification est également renforcé par le lien qui existe entre diversité et AB. En effet, comme expliqué dans l'état de l'art (2.1), cette diversité peut améliorer l'autonomie et la gestion des risques. Alors que la conversion au bio peut s'avérer risquée en raison des baisses de rendements dus aux bouleversements du systèmes (FRAB Midi Pyrénées, 2011) imposés par le cahier des charges, de la vulnérabilité face à l'aléa en raison de l'absence de solutions de rattrapage par les intrants chimiques, ou encore de l'augmentation du coût de production (Le Lan, 2013), combiner cette étude sur la diversification en élevage à l'AB s'avère intéressant.

#### 3.2. Organisation du projet

MIX-ENABLE a été lancé le 1<sup>er</sup> avril 2018 et regroupe sept pays et 10 instituts de recherche : la France (INRA, IDELE, ITAB), la Belgique (CRA-W), l'Autriche (BOKU), la Suisse (FiBL), la Suède (SLU), l'Allemagne (Forschungsring, Thuenen Institute), et l'Italie (Tuscia Uni), et s'organise en 6 modules illustrés dans la Figure 3. Le caractère international du projet a impliqué l'adaptabilité des outils développés lors du stage pour ces pays et les particularités de leurs fermes. Coordonné par l'INRA (Module 1), il a pour but d'analyser les points forts et les points faibles afin d'aider les exploitations en PCPE et d'aiguiller les agriculteurs qui souhaiteraient développer cette pratique. Le projet vise à recueillir des données sur les exploitations d'élevage mixte par le biais d'enquêtes auprès d'environ 140 fermes, dont 31 en France, pour caractériser ces exploitations, puis évaluer leur durabilité et l'expliquer par les pratiques des agriculteurs, notamment l'intégration entre ateliers de production végétale et animale (Modules 2 et 3). L'intégration au sein d'un système peut se définir par le

nombre et les caractéristiques des interactions temporelles et spatiales entre les différents ateliers de production et modes d'occupations du sol (Hendrickson, Hanson, L. Tanaka, & Sassenrath, 2008; Lemaire, 2014). Cet aspect fait l'objet d'un autre stage avec lequel une relation sera établie ultérieurement. Les connaissances pratiques obtenues pendant les enquêtes seront complétées de données issues de fermes expérimentales (Module 4), et aideront à modéliser et co-construire avec les agriculteurs des scénarios d'élevages mixtes en AB durables et intégrés (Module 5).

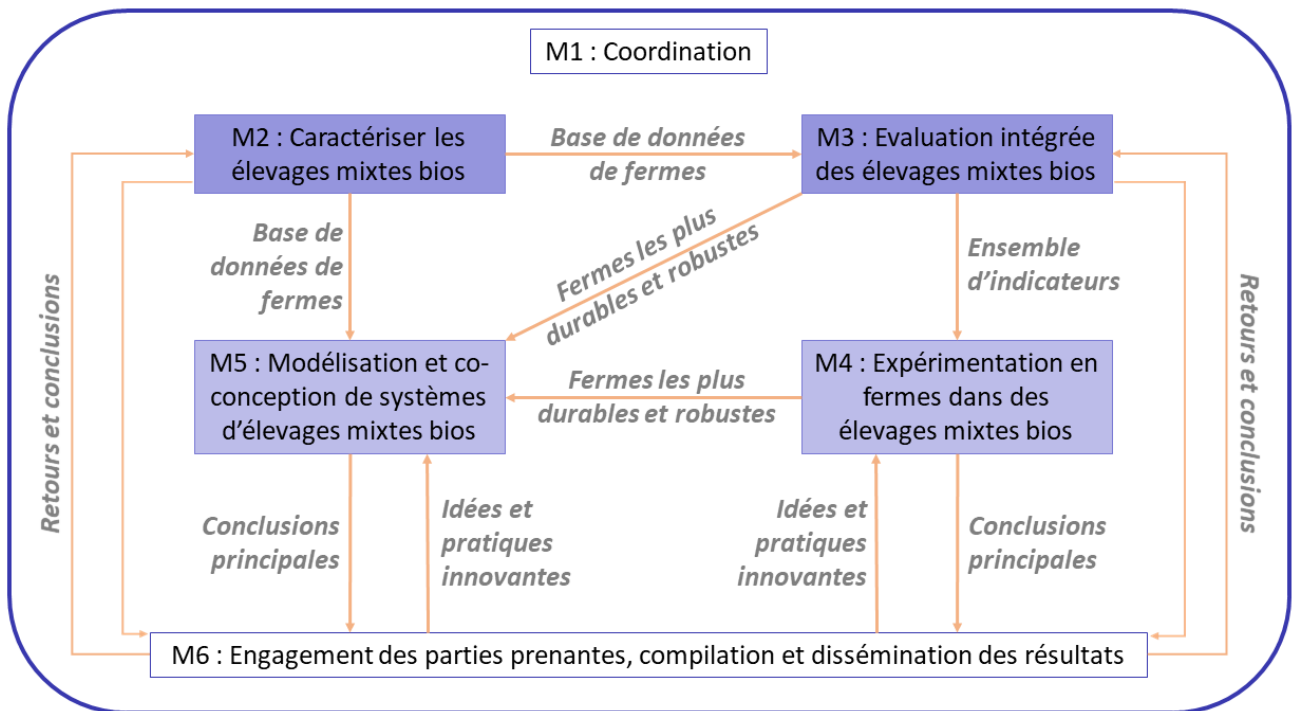


Figure 3 : Description de l'organisation du projet MIX-ENABLE (Martin, Steinmetz, Blanc, & Benoit, 2018)

### 3.3. Intégration du stage dans le projet et objectifs du stage

Le travail de mon stage s'inscrit dans les modules 2 et 3 du projet MIX-ENABLE (Figure 3). Il a tout d'abord consisté en une collecte de données sur le terrain grâce à un guide d'enquête déjà construit. Sur la totalité des 15 fermes enquêtées par le centre INRA de Toulouse, j'ai participé ou effectué entièrement la collecte de 6 d'entre elles. Une fois les données récoltées, celles-ci sont rassemblées dans une base de données que j'élabore durant le stage afin de pouvoir les analyser par le prisme de la durabilité, et discuter des résultats. L'évaluation de la durabilité se fera grâce à des indicateurs dont la liste a été établie avant mon arrivée.

## 4. Matériel et méthodes

### 4.1. Choix des indicateurs

Le choix des indicateurs était une étape cruciale puisque ce dernier pouvait influencer fortement les résultats (De Olde et al., 2016; De Olde, Sautier, & Whitehead, 2018; de Olde, Bokkers, & de Boer, 2017). Ce point de méthode a donc été clé dans la conduite du projet MIX-ENABLE.

#### 4.1.1. Mise en place de nouveaux indicateurs – méthode

Elaborer la méthode d'évaluation a consisté en une sélection des dimensions de la durabilité qui se montraient pertinentes pour le projet et en un choix des indicateurs permettant d'évaluer ces dimensions et le niveau de durabilité. Des articles existaient pour guider dans le choix de ces éléments (López-Ridaura et al., 2002; de Olde et al., 2017), et le processus est illustré en Figure 4. Celui-ci avait pour but de déterminer le cadre d'analyse et d'en tirer les indicateurs mesurables sur le terrain. En utilisant ce processus, des

réunions collectives auxquelles tous les partenaires du projet ont assisté ont été organisées afin de concevoir, discuter et stabiliser la liste d'indicateurs.

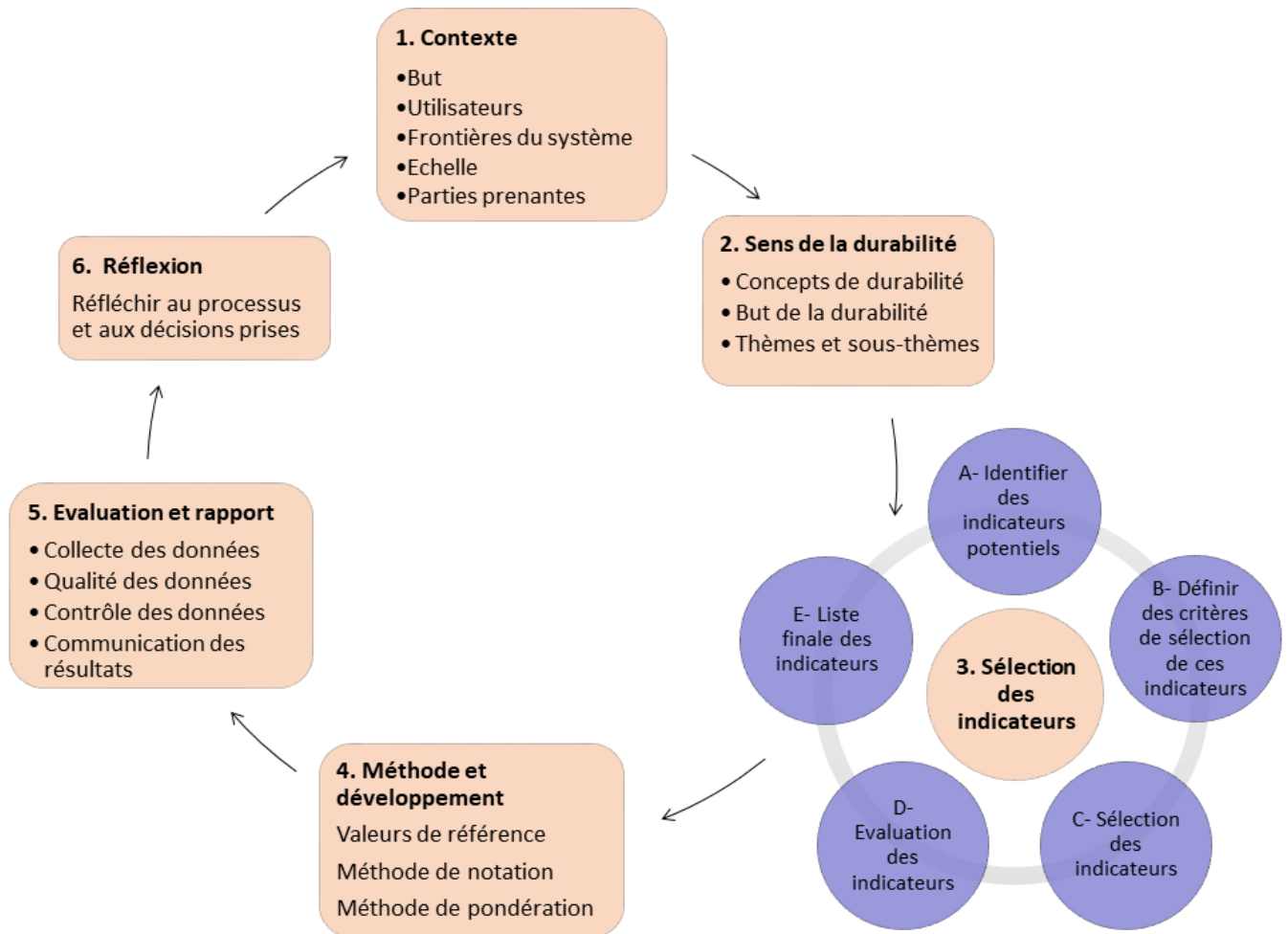


Figure 4 : Processus pour le choix des indicateurs de la méthode d'évaluation (de Olde et al., 2017)

#### 4.1.2. Mise en place de nouveaux indicateurs – liste

Il est ressorti de la méthode précédemment citée 8 dimensions qui caractérisent la durabilité justifiées de la manière suivante (Martin et al., 2018):

**Efficacité dans l'utilisation de la ressource** : cette efficacité est requise en raison d'une part du prix élevé des intrants certifiés biologiques et d'autre part par les attentes des consommateurs de limiter les pollutions environnementales.

**Conservation de la ressource** : les consommateurs attendent des exploitations en AB de préserver les ressources naturelles (sols, eau, air et biodiversité). La conservation de la ressource est donc une dimension essentielle à prendre en compte.

**Autonomie** : l'autonomie permet de limiter l'exposition des fermes en AB aux aléas économiques.

**Productivité** : les fermes en AB étant critiquées pour leur plus faibles productivité, il est indispensable d'inclure cet aspect afin qu'elles demeurent viables.

**Profitabilité** : la profitabilité est nécessaire pour assurer la viabilité de l'AB à long terme pour garantir le revenu de l'agriculteur et maintenir ce type d'agriculture attractive malgré sa complexité nécessaire.

**Bien-être humain** : la spécialisation des fermes et l'intensification de l'agriculture a mené à des problématiques de bien-être pour les agriculteurs, qui explique la nécessité de prendre cet aspect en compte pour garantir la viabilité de l'AB et la durabilité des systèmes étudiés.

**Bien-être animal** : alors que les pratiques d'élevage conventionnel sont très critiquées, les consommateurs voient l'élevage en AB comme un mode d'élevage respectueux du bien-être animal. Intégrer cet aspect à l'étude est inévitable puisque les fermes en AB se doivent donc de prendre à bras le corps cette problématique pour perdurer.

**Résilience** : La résistance aux aléas de l'AB questionne, vis-à-vis soit des aléas environnementaux, soit des aléas économiques. Les exploitations en AB sont d'une part remise critiquées pour être plus sensibles aux événements environnementaux que les exploitations conventionnelles. D'autre part, il est remarqué que les prix des produits certifiés AB sont plus stables que les produits issus d'agriculture conventionnelle. L'AB serait donc moins sensible aux aléas économiques. Ces aspects questionnent la résilience de ces fermes, expliquant l'intérêt de cette dimension pour ce projet.

Ces 8 dimensions ont ensuite été précisées en 22 thèmes augmentant le grain de précision, puis en 37 indicateurs mesurables dans les fermes permettant de quantifier les thèmes. L'ensemble de ces résultats est présenté dans le Tableau 2. La décision a été prise, lors du choix des dimensions et des indicateurs, de ne pas les pondérer. En effet, les objectifs de chaque ferme diffèrent, il aurait été trop complexe d'ajouter des poids différents à chaque dimension correspondant à la volonté de chacun des agriculteurs interrogés. De plus, cette absence de différence de poids entre dimensions illustre la volonté d'une évaluation sur tous les aspects de la durabilité.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des dimensions, thèmes et indicateurs utilisés lors de l'étude, ainsi que les modes de calculs

Dimension	Thème	N°	Indicateur	Calcul
<b>Efficacité dans l'utilisation de la ressource</b> <i>Cette efficacité est requise en raison d'une part du prix élevé des intrants certifiés biologiques et d'autre part par les attentes des consommateurs de limiter les pollutions environnementales</i>	Utilisation économe en intrants	1	Productivité par unité d'intrants azotés (SU)	$\frac{\text{Azote produit (kg)}}{\text{Azote acheté (nourriture + fertilisants)(kg)}}$
	Utilisation économe en ressource non-renouvelable (RNR)	2	Utilisation d'énergie principale (MJ/€)	$\frac{E \text{ essence, électricité et gaz (MJ)}}{\text{Somme des ventes (€)}}$
		3	Productivité par unité d'intrant de RNR (SU)	$\frac{\text{Energie de produit vendu (MJ)}}{\text{Energie d'intrants de RNR(MJ)}}$
	Efficacité de l'utilisation d'intrants	4	Productivité des intrants (SU)	$\frac{\text{Somme des ventes (€)}}{\text{Intrants achetés (€)}}$
<b>Conservation de la ressource</b> <i>Les consommateurs attendent des exploitations en AB de préserver les ressources naturelles (sols, eau, air et biodiversité)</i>	Emissions d'azote dans l'environnement	5	Equilibre de l'azote (kg/ha)	$\frac{\text{Azote vendu (kg)} - \text{Azote acheté(kg)}}{\text{SAU (ha)}}$
	Risque d'érosion des sols	6	Sol nu pendant l'hiver (SU)	$\frac{\text{Surface de sol nu pendant l'hiver (ha)}}{\text{SAU (ha)}}$
	Stockage de carbone et conservation de la biodiversité	7	Longueur bordures de haie et de forêt (km/ha)	$\frac{\text{Bordures de haies et forêts (km)}}{\text{SAU (ha)}}$
<b>Autonomie</b> <i>Permet de limiter l'exposition des fermes en AB aux risques environnementaux et aux aléas économiques</i>	Autosuffisance alimentaire	8	Autosuffisance alimentaire à l'échelle de la ferme (SU)	$1 - \frac{E \text{ alimentation achetée (UF)}}{E \text{ alimentation totale consommée (UF)}}$
	Indépendance vis-à-vis de capitaux externe	9	Part de dette dans le capital (SU)	$\frac{\text{Dettes (€)}}{\text{Capital de la ferme (€)}}$
<b>Productivité</b> <i>Les fermes en AB étant critiquées pour leur plus faibles productivité, il est indispensable d'inclure cet aspect afin qu'elles demeurent compétitives</i>	Productivité des ressources	10	Productivité des terres (kg/ha ou MJ/ha)	$\frac{\text{Produit brut (kg d'N ou MJ)}}{\text{SAU (ha)}}$
		11	Productivité des animaux (kg/ha ou MJ/ha)	$\frac{\text{Produit brut (kg d'N ou MJ)}}{\text{UGB}}$
		12	Productivité par unité de travail (kg/ha ou MJ/ha)	$\frac{\text{Produit brut (kg d'N ou MJ)}}{\text{UTH}}$

<b>Profitabilité</b> <i>Nécessaire pour la viabilité de l'AB à long terme pour garantir le revenu de l'agriculteur et maintenir ce type d'agriculture attractive malgré sa complexité nécessaire</i>	Profitabilité du travail	13	Revenu par travailleur (€)	$\frac{\text{Revenu net (€)}}{UTH}$
		14	Score de satisfaction (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)
	Profitabilité du capital	15	Profitabilité du capital (SU)	$\frac{\text{Produit brut (€)}}{\text{Capital (€)}}$
	Auto-capacité de la ferme de générer du profit	16	Valeur ajoutée de la ferme (SU)	$\frac{\text{Valeur ajoutée (€)}}{\text{Résultat net de l'exercice(€)}}$
<b>Bien-être humain</b> <i>Nécessaire pour garantir la viabilité de l'AB</i>	Charge de travail	17	Intensité moyenne de travail par période (2 semaines) (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)
		18	Nombre moyen de tâches par période (SU)	Nombre
		19	Nombre de périodes dédiées aux mises bas ou nouvelles bandes (SU)	Nombre
		20	Nombre de périodes dédiées à l'alimentation des animaux (SU)	Nombre
		21	Nombre de périodes dédiées à la transformation et à la vente (SU)	Nombre
		22	Nombre de périodes dédiées aux cultures (SU)	Nombre
		23	Score de satisfaction de la charge de travail (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)
	Temps libre	24	Satisfaction du temps libre (SU)	$\frac{\text{Nombre de jours de repos par an réel}}{\text{Nombre de repos par an Objectif}}$
	Difficulté physique du travail	25	Score de difficulté physique (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)
	Complexité mental du travail	26	Score de complexité mentale (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)
	Satisfaction générale du travail	27	Score de satisfaction générale (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)

<b>Bien-être animal</b> <i>Alors que les pratiques d'élevage conventionnel sont très critiquées, les consommateurs voient l'élevage en AB comme un mode d'élevage respectueux du bien-être animal</i>	Mortalité	28	Mortalité des animaux adultes (SU) (>3 mois pour les ruminants et les porcs, >6 mois pour les chevaux)	$\frac{\text{Nombre d'animaux morts}}{\text{Nombre d'animaux total}}$
	Santé animale	29	Mortalité des jeunes animaux (SU) (<3 mois pour les ruminants et les porcs, <6 mois pour les chevaux)	$\frac{\text{Nombre d'animaux morts}}{\text{Nombre d'animaux total}}$
		30	Coûts vétérinaires par rapport aux nombre d'UGB (€)	$\frac{\text{Coût total (€)}}{\text{UGB}}$
	Evaluation générale	31	Nombre de traitements et vaccin (SU)	Nombre de traitement et de vaccin
		32	Satisfaction générale du bien-être animal (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)
<b>Résilience</b> <i>La résistance aux aléas de l'AB questionne, vis-à-vis soit des aléas environnementaux, soit des aléas économiques</i>	Pouvoir tampon de l'exploitation	33	Part de revenus extérieurs à l'exploitation (SU)	Présence ou absence $\frac{\text{Revenus extérieurs à l'exploitation (€)}}{\text{Revenu net (€)}}$
		34	Indépendance vis-à-vis d'intrants matériels (SU)	$\frac{\text{Intrants achetés (€)}}{\text{Somme des ventes (€)}}$
	Capacité d'adaptation	35	Expérience dans le monde agricole (SU)	Nombre d'année d'expérience en milieu agricole avant installation
		36	Nombre de formation par an (SU)	Nombre
		37	Satisfaction de la disponibilité de source d'information extérieure (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)

## 4.2. Création d'une base de données

### 4.2.1. Guide d'enquête

Une fois les indicateurs sélectionnés et validés, un guide d'enquête, réalisé avant mon arrivée, a permis d'assurer la récolte des données sur le terrain. Le guide se devait d'être complet pour permettre le calcul des indicateurs, et suivre une logique dans sa construction pour faciliter le travail de terrain. Une fois finalisé, il a été testé sur un échantillon de 4 fermes représentatives pour s'assurer de son efficacité, ajusté, puis diffusé auprès de tous les partenaires. Le guide d'enquête final est présenté en Annexe 1.

### 4.2.2. Sélection des fermes

Le projet se concentrait sur les fermes en AB pratiquant l'élevage mixte. Pour pouvoir intégrer une exploitation à l'étude, celle-ci devait donc être certifiée en AB et avoir au moins deux ateliers d'élevage. 3 centres INRA ont eu en charge d'enquêter des fermes : les centres INRA-Toulouse, INRA-Theix, et INRA-Montpellier. Les nouvelles lois de protection des données ont compliqué l'échantillonnage des fermes, qui s'est fait grâce aux groupements d'agriculture biologique des départements à proximité des centres INRA. Une fois les fermes de PCPE en AB répertoriées, des appels ont été passés pour fixer un rendez-vous. Au total, 31 fermes ont été enquêtées dont la répartition géographique est présentée en Figure 5.

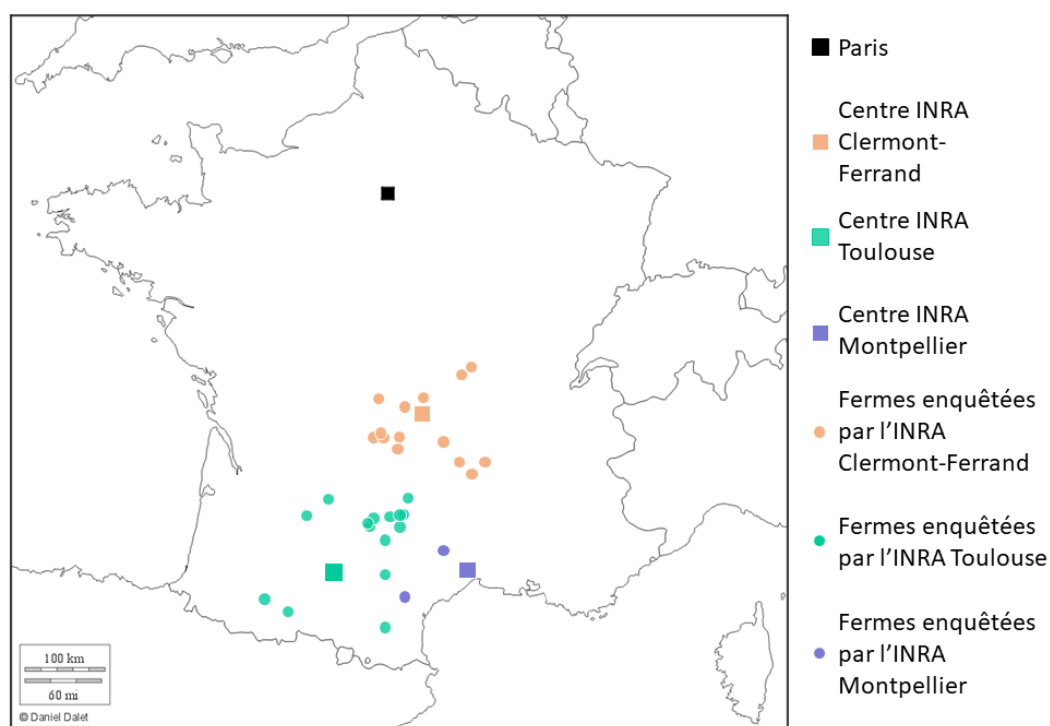


Figure 5 : répartition géographique des fermes enquêtées

### 4.2.3. Collecte et regroupement des données

Les enquêtes se sont déroulées sur une période d'environ 6 mois. Les entretiens avec les éleveurs duraient entre 2,5 heures et 4,5 heures selon la complexité des systèmes. Le regroupement des données s'est fait de la manière suivante :

- Enquête sur le guide papier
- Saisie des données sur une version informatique légèrement modifiée
- Renvoi des données nécessaires à l'analyse vers un onglet du fichier Excel centralisant l'ensemble des données collectées composé d'une ligne (ferme) et de 1610 colonnes (variables collectées)
- Regroupement des données sur l'ensemble des fermes dans une base de données sur R



Les outils de renvoi des informations sur Excel et le script R permettant de regrouper les données ont été réalisés durant le stage. Ils ont été utilisés dans le cadre de cette étude et diffusés aux partenaires européens pour une future analyse à l'échelle européenne.

Une grande diversité de fermes a été enquêtée. Les combinaisons analysées et le nombre d'enquêtes réalisées par combinaisons sont présentés dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Combinaisons analysées dans les différents centres INRA. BL = Bovin Lait, BV = Bovin Viande

Centre INRA	BL – BV	BL – Porcs	BV – Porcs	BV – Ovins	BV – Volailles	Ovins – Caprins	BL – Caprins	Ovins – Porcs
Toulouse	2	3	2	3	3	1	1	0
Clermont-Ferrand	0	0	5	6	3	0	0	0
Montpellier	0	0	0	0	0	1	0	1

### 4.3. Analyses des données

#### 4.3.1. Calcul des indicateurs

Le calcul de certains indicateurs a dû être ajusté en fonction des informations récoltées sur le terrain. Pour la productivité par unité d'azote, l'indicateur était calculé de la manière suivante :

$$\frac{\text{Azote produit (kg)}}{\text{Azote acheté (nourriture + fertilisants)(kg)}}$$

L'inverse a été utilisé dans les calculs en raison de la présence de fermes qui n'importaient pas d'azote.

De plus, afin de calculer l'ensemble de ces indicateurs, des références présentées en Annexes (2 à 15), ont été nécessaires pour :

- Convertir les poids carcasses en poids vifs (Association de la race blonde d'Aquitaine, s. d.; Castaing, Cazaux, Lacoste, Garnier, & Peyhorgue, 2002; Chambre d'agriculture de Bretagne, 2005; France génétique Elevage, s. d., s. d.; France génétique élevage, s. d.; Idèle, 2017; IFIP, 2002, 2004; inosys réseaux d'élevage & Idèle, s. d.; Montbéliarde Association, s. d.)
- Vérifier le poids de certains animaux d'élevage en fonction des races (Collectif des races des Massifs, s. d.)
- Convertir les nombres d'œufs et de litres de lait en poids (Chambre d'agriculture du Lot-et-Garonne, 2018; FAO, s. d.)
- Estimer les teneurs en azote dans les différents intrants et produits (Chambre d'agriculture d'occitanie, 2018; Chambre d'agriculture du Lot-et-Garonne, 2018; Coulon, Roybin, Congy, & Garret, 1988; FAO, s. d.; Hannaway et al., 1999; Idèle, 1999; « KERAZOTE BIO 10-2-2 SAC 20KG », s. d.; Rémond & Walrand, 2017; Tables gouvernement, s. d.; Terres Univia, s. d.; Zitari, 2008)
- Convertir la part de protéines en quantité d'azote (Mariotti, Tomé, & Mirand, 2008)
- Estimer les quantités d'énergie contenue dans les intrants de ressources non renouvelables (électricité, essence et gaz) (« Consommation de carburant des voitures France 2004-2017 | Statistique », s. d.; « Conversion des unités d'énergie », s. d.; « Energie libérée par une combustion », s. d.; Guibet, 1997; Hénin, 2011)
- Estimer les quantités d'énergie contenues dans les intrants et produits (Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2010; INRA - CIRAD - AFZ, s. d.; INRA, 2010; Tables gouvernement, s. d.)

Le calcul de ces indicateurs a également nécessité l'utilisation de packages sur le logiciel R : xlsx (Dragulescu & Arendt, 2018) et dplyr (François, Henry, & Müller, 2019).

#### 4.3.2. Choix des variables à écarter

La liste d'indicateurs à calculer a été fixée avant le début du stage et le nombre d'indicateurs est de 40 (numérotés de I1 à I40) pour 31 observations. Un choix des indicateurs à conserver a donc été fait afin de limiter le nombre de variables et obtenir un meilleur compromis entre le nombre d'observations et le nombre d'indicateurs.

##### *Dimension « Conservation de la ressource »*

Les informations concernant les bordures de haies et de forêts n'ont pas été utilisées car les informations étaient trop souvent indisponibles. La surface de sol nu a également été écartée car tous les exploitants couvraient leur sol en hiver. L'absence de variabilité n'a pas pu permettre de discriminer les fermes, mais cela reste un résultat à commenter. L'équilibre de l'azote a été le seul indicateur caractérisant la conservation de la ressource.

##### *Dimensions « Productivité »*

Les indicateurs de productivité étaient exprimés en termes de quantité d'énergie produite et en termes de quantité d'azote produite. L'expression qui utilisait la quantité d'azote produite a été conservée pour le reste de l'analyse.

##### *Dimension « Bien-être humain »*

Lors de discussions avec les partenaires chargés de récolter les données, des dysfonctionnements de collecte se sont révélés pour les indicateurs représentant le nombre moyen de tâche par période, le nombre de périodes contenant les tâches liées aux mises bas ou de nouvelles bandes de monogastriques, à l'alimentation animale, à la vente directe et aux cultures. Cela a rendu inutilisable les indicateurs, qui ne seront pas utilisés dans la suite des analyses.

L'intensité moyenne de travail par période, la satisfaction de la charge de travail et la satisfaction du temps libre exprimaient une idée relativement voisine. L'intensité moyenne de travail par période a été choisie pour le reste de l'étude pour représenter la charge de travail sur l'année.

##### *Dimension « Bien-être animal »*

Les coûts vétérinaires et le nombre de traitements par animaux ont été récoltés dans le cadre de la dimension « Bien-être animal ». Toutefois, l'interprétation de ces indicateurs a été impossible dans la mesure où aucune précision concernant les coûts vétérinaires et les traitements n'ont été demandées aux éleveurs. Ainsi, il n'a pas pu être déterminé si des coûts vétérinaires élevés et un nombre de traitements important relèvent d'un meilleur ou d'un moins bon bien-être animal. Pour ces raisons, ces deux indicateurs n'ont pas été pris en compte.

La mortalité des animaux, jeunes ou adultes, est un bon indicateur du bien-être animal dans des fermes conventionnelles. Dans le cas présent, un biais apparaissait puisque certaines fermes ne réformaient pas leurs mères et les laissaient mourir en estives de mort naturelle ou accidentelle. L'indicateur représentant la mortalité des animaux adultes a donc été écarté de l'analyse. Seuls la mortalité des jeunes (I29) et la perception de l'éleveur du bien-être de ses animaux représentaient la dimension du « bien-être animal ».

##### *Dimension « Résilience »*

La part de revenu extérieur à l'exploitation n'a jamais pu être récoltée lors des enquêtes. Cet indicateur est donc écarté de l'analyse. Lors des enquêtes sur le terrain, il est ressorti que l'indicateur correspondant au nombre d'années d'expérience dans le milieu agricole avant l'installation ne paraissait pas représentatif de la capacité d'adaptation de l'exploitation. En effet, de nombreux agriculteurs étaient des repreneurs de la ferme de leur famille et avaient donc travaillé officieusement dans le monde agricole. Parmi eux, certains s'étaient également adaptés au milieu et au marché en changeant de production ou en adaptant les modes de commercialisation (en commençant la vente directe par exemple). Cette information n'était pas prise en compte lors des enquêtes. Cet indicateur a donc été écarté de l'analyse.

### 4.3.3. Valeurs manquantes

L'ensemble des données sur les 31 fermes enquêtées ont été collectées par 3 partenaires différents. Malgré la rigueur et le temps alloués à la collecte des données par les partenaires, des informations n'ont pas pu être renseignées en raison du temps limité par la charge de travail des éleveurs ainsi que de la complexité des informations recherchées. Des valeurs étaient donc manquantes dans le jeu de données. Ces dernières sont représentées sur la Figure 6. Des valeurs étaient manquantes pour 13 variables dans chacune des dimensions et les indicateurs nécessitant des données économiques étaient ceux pour lesquels le plus de valeurs manquaient. Cela s'est expliqué par le fait que la comptabilité n'était pas disponible pour toutes les exploitations.

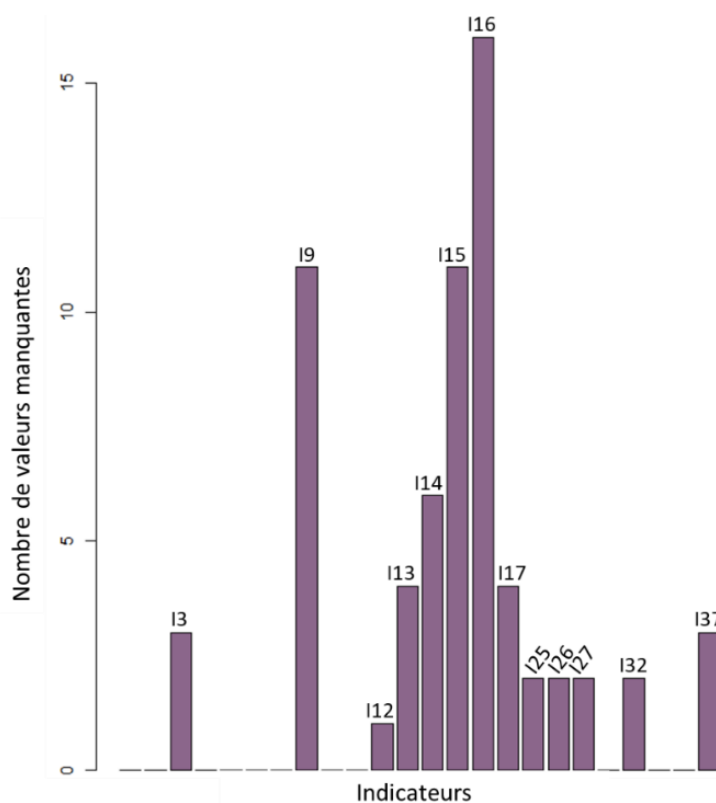


Figure 6 : Représentation graphique du nombre de valeurs manquantes par indicateur. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.

Pour résoudre le problème des valeurs manquantes, les packages VIM (Templ, Kowarik, Alfons, & Prantner, 2019) et MICE (Van Buuren & Groothuis-Oudshoorn, 2019) ont été utilisés. Cela a permis de remplacer les valeurs manquantes en utilisant un modèle propre à chaque variable afin de leur attribuer une valeur. Le choix a été fait de ne conserver les variables ayant moins de 25% de valeurs manquantes, soit moins de 7. Les variables I9 (part de dettes dans le capital), I15 (profitabilité du capital) et I16 (valeur ajoutée de la ferme), qui ont respectivement 11, 11 et 16 valeurs manquantes, ont écartées. Afin de vérifier la qualité des remplacements, une régression des moindres carrés partiels a été effectuée entre le jeu de données initial contenant des valeurs manquantes, et le jeu de données final dans lequel les valeurs manquantes avaient été estimées. Le graphique représentant cette régression est présenté dans la Figure 7. La proximité entre les données d'origine (en orange) et les données finales en violet) assure la qualité du remplacement. Ici, le remplacement fut satisfaisant et a permis d'utiliser l'ensemble de ces variables pour la suite de l'analyse.

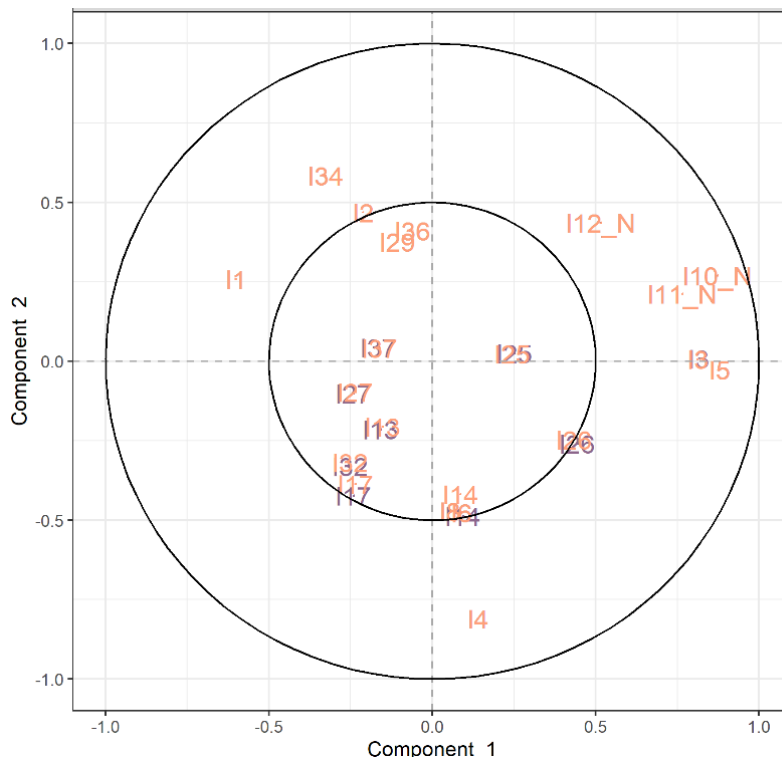


Figure 7 : Vérification de l'implémentation des valeurs manquantes par régression partielle des moindres carrés par rapport au jeu de donnée initial. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.

#### 4.3.4. Description des données

##### 4.3.4.1. Description de l'échantillon

L'échantillon de ferme a été décrit afin d'identifier la structure des différentes exploitations enquêtées, de visualiser l'hétérogénéité de l'échantillon et les éventuelles valeurs extrêmes.

##### 4.3.4.2. Matrice de corrélation

Une matrice de corrélation a été éditée afin de visualiser les variables très proches. Cette matrice a été utilisée afin d'écartier des variables supplémentaires de l'analyse statistique lors de corrélations importantes, ce qui a permis d'augmenter le rapport entre le nombre d'observations et le nombre de variables. Les corrélations en dessous de -0,65 et au-dessus 0,65 ont été considérées comme importantes.

##### 4.3.4.3. Nature et distribution des variables

La nature des variables et la distribution ont été observées afin de décrire les variables et d'identifier les valeurs extrêmes. La normalité des variables a été vérifiée avec un test de Shapiro.

Les variables étudiées étaient de trois formes :

- Des variables quantitatives issues de calculs
- Des variables issues de grilles d'évaluation qui sont le résultat de moyennes entre les appréciations des associés de la ferme, dans le cas où plusieurs éleveurs par ferme étaient interrogés.
- Des comptages

Il a donc été nécessaire de standardiser les données afin de pouvoir les comparer. Pour chaque variable quantitative et de comptage, les valeurs ont été redistribuées entre 0 et 100. Pour les variables issues des grilles d'évaluation entre 1 et 4, la valeur moyenne donnée par les éleveurs a été multipliée par 25.

#### 4.3.5. Choix de l'analyse multivariée : analyse en composantes principales (ACP)

Le jeu de données se composait de 31 observations et de plusieurs indicateurs. Il a donc fallu utiliser une analyse multivariée afin de le décrire. Il en existe de plusieurs sortes, il a donc fallu faire un choix pour optimiser les observations.

Les données étaient de types quantitatifs (pour les calculs et les comptages) et de type ordinal pour les réponses des éleveurs via des grilles de satisfaction. Ce sont ces dernières variables qui posaient questions, et deux solutions étaient possibles :

- Utiliser le code numéroté de 1 à 4 lors des enquêtes pour rendre la variable quantitative et utiliser une ACP (Chavent, 2013),
- Séparer les variables quantitatives et les variables ordinales pour effectuer, d'un côté, une ACP sur les variables quantitatives, et de l'autre une analyse en composantes multiples (ACM) sur les variables ordinales. Ce type d'analyse s'effectuant sur un jeu de données composé de deux types de variables est une analyse factorielles de données mixtes (AFDM) (Pagès, 2004).

Le principal désavantage de l'ACP était qu'elle gommait l'aspect subjectif de la réponse de l'exploitant : l'expression de la satisfaction diffère en fonction de chacun. Une réponse de deux éleveurs distincts aurait pu exprimer une satisfaction différente pour une même réponse. Toutefois, ce fut avec ces grilles d'évaluation que les enquêtes avaient été réalisées. Les nuances entre les éleveurs n'ont donc pas été récoltées. Collecter la satisfaction des agriculteurs via une grille codifiée avec des chiffres a également présenté un avantage certain dans le cas où plusieurs associés étaient présents lors de l'enquête : la moyenne entre les deux réponses a pu être utilisée pour l'analyse. Enfin, la méthode de l'ACM utilisée pour les variables ordinales lors de l'AFDM aurait eu la conséquence suivante : ces variables auraient été traitées de manières multidimensionnelles, c'est donc le comportement de chacune des modalités qui aurait pu être étudié. Dans le cas présent, l'objectif était d'obtenir le niveau d'appréciation de l'éleveur sur la question posée, c'est-à-dire en traitant la variable comme une seule dimension (Chavent, 2014).

Pour ces raisons, c'est l'ACP qui a été utilisée afin :

- D'étudier les variables et les liaisons entre les variables pour savoir s'il est possible de résumer ou non la durabilité des exploitations à un petit nombre d'indicateurs
- D'étudier les individus et la variabilité entre les fermes
- De savoir s'il est possible de caractériser des groupes d'individus par des variables

L'ensemble des indicateurs a été intégré à l'ACP comme variables actives pour la construction des axes afin de tous leur accorder la même importance. Ce choix a eu comme conséquence un déséquilibre dans le nombre d'indicateurs par dimension, et a pu avoir une influence dans les analyses. Toutefois, l'objectif du projet était d'analyser les données de manière exploratoire et de constituer une base pour la suite du projet. La décision de conserver tous les indicateurs pour l'analyse a donc été prise. Le package FactoMineR a été utilisé pour ces analyses (Lê, Josse, & Husson, 2008). Une fois l'ACP effectuée, il a fallu déterminer le nombre de composantes à conserver. Cela s'est fait à l'aide de l'étude de la variance expliquée et de la qualité de représentation des variables sur les axes.

#### 4.3.6. Etablissement de typologie par classification hiérarchique sur composantes principales (CHCP)

Une typologie a ensuite été établie afin de différencier d'éventuels groupes de fermes. Pour cela, une classification ascendante hiérarchique sur composantes principales a été effectuée à l'aide du package FactoMineR (Lê et al., 2008). La séparation des groupes a été faite de manière à ne pas conserver plus de 4 groupes dans un souci de facilité d'interprétation. Afin de caractériser les groupes, une ferme représentative de chacun des groupes a été décrite, premièrement en fonction de son profil de durabilité, deuxièmement en fonction de sa structure. Les typologies ont ensuite été confrontées aux structures des exploitations afin de mettre en évidence, ou non, un lien entre durabilité et structure. Les variables de structures considérées sont présentées dans le Tableau 4. Afin de comparer les groupes en fonction des structures des fermes, un test de Kruskal-Wallis a été utilisé afin de déterminer si les différences de structures des fermes entre les 4 groupes sont significativement différentes, et donc de mettre en valeur un lien entre structure et profil de durabilité. Ce test a été choisi en raison de la taille différente des groupes et de la distribution non normale

des variables puisque le test de Kuskal-Wallis est un test non paramétrique. Il convient donc à ce type de variables. La p-value de ce test a été extraite. Une différence entre les groupes sera considérée significative lorsque p-value < 0,05.

Tableau 4 : Variables de structures considérées

Catégorie	Variable de structure	Unité
Ressources en terres	SAU	Ha
	Eloignement des parcelles	Km
	Surface labourable	% de la SAU
Ressources en animaux et travail	Nb d'UGB total	SU
	Nb d'UTH total	SU
Autres activités de diversification	Production énergétique	Nb de fermes pratiquant cette activité de diversification
	Transformation	Nb de fermes pratiquant cette activité de diversification
	Vente directe	Nb de fermes pratiquant cette activité de diversification
	Prestation services	Nb de fermes pratiquant cette activité de diversification

## 5. Résultats

### 5.1. Description des données

#### 5.1.1. Description de l'échantillon

La Figure 8 représente les caractéristiques de distribution de l'utilisation des terres de l'échantillon. Les SAU sont comprises entre 16,5 ha (pour la ferme 6 située en Aveyron) et 329 ha (pour la ferme 71 située dans l'Allier) avec une moyenne de 109 ha. L'écart type est de 74 et le coefficient de variation de 68,5%. Les fermes étudiées ont donc des tailles très diverses. Les surfaces de parcours sont comprises entre 0 et 250 ha avec une moyenne de 13 ha et un 3<sup>ème</sup> quartile à 4,75. La majorité des fermes ne contient pas de parcours (la médiane est de 0). Les fermes ayant des surfaces de parcours très élevées (90 et 250 ha) sont les 2 fermes issues du centre de Montpellier. Ces surfaces importantes s'expliquent par le type d'élevage de cette région caractérisé par des terres sèches, une végétation peu dense sur de grandes surfaces.

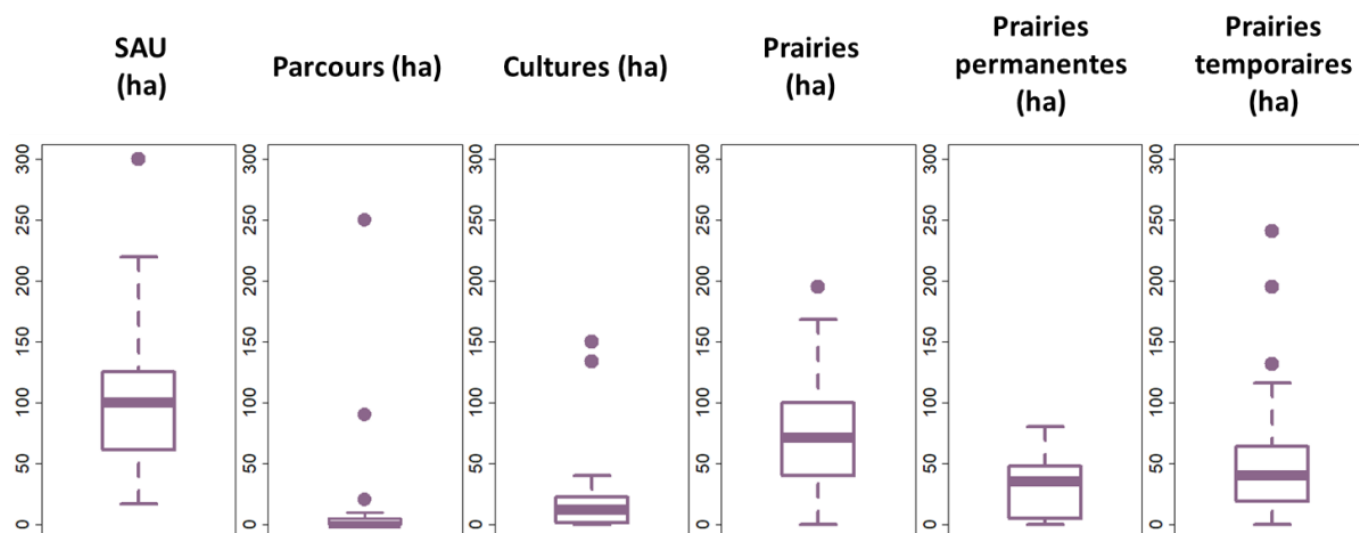


Figure 8 : Caractéristiques de l'utilisation des terres des fermes (SAU, parcours, cultures, prairies totales, temporaires et permanentes)

Parmi les fermes enquêtées, 8 d'entre elles n'ont pas de cultures. La moyenne des surfaces allouées aux cultures est de 20,85 ha avec un maximum à 150 ha. Une seule ferme (dans le sud-est de la France) n'utilise pas de prairie. La distribution des prairies (totale, temporaire et permanente) est similaire à la distribution de la SAU : elle caractérise une grande diversité parmi les fermes.

La Figure 9 représente les caractéristiques de l'échantillon en termes d'UGB présents sur les fermes et de travailleurs. Le nombre d'UGB est compris entre 8 et 283 avec un coefficient de variation de 70%. Cette caractéristique confirme le fait que l'échantillon analysé est très diversifié, tant au niveau de l'utilisation des terres qu'au niveau des cheptels. Le nombre total d'unité de travail humain est compris entre 0.66 et 4.8. Il y a entre 1 et 3 associés sur la ferme, dont seulement 1 qui n'y travaille pas à temps plein. La majorité des exploitations n'emploient aucun salarié et ne comptent sur aucun bénévole.

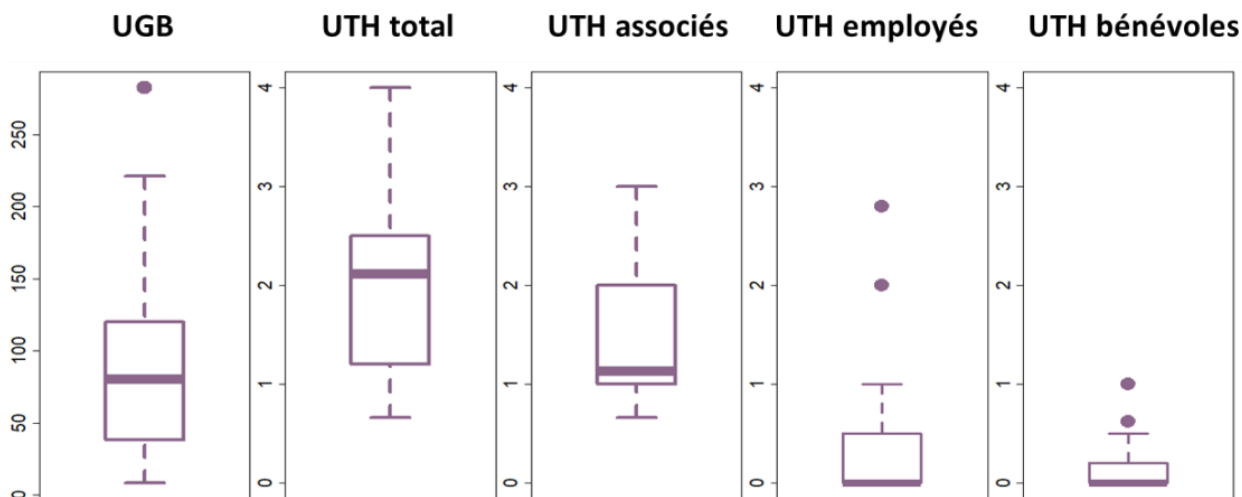


Figure 9 : Caractéristiques des fermes en termes d'animaux (nombre d'UGB) et de travailleurs (associés, employés et bénévoles)

Les fermes enquêtées ont été sélectionnées pour leur diversification dans les productions animales, mais elles se diversifient également par leurs activités, types et modes de commercialisations. Parmi les 31 fermes, 3 produisent de l'énergie, 13 transforment à la ferme, 22 pratiquent la vente directe, 3 sont aussi prestataires de services agricoles et 5 ont une activité de ferme pédagogique.

### 5.1.2. Matrice de corrélation et indicateurs retenus pour l'analyse

Une matrice de corrélation est établie et présentée en Annexe 16, et représentée par une version graphique en Figure 10. Cette matrice met en valeur une corrélation forte entre certaines variables.

#### Variables de productivité

I10 représente la productivité des terres et est positivement corrélé à l'équilibre de l'azote (I5) avec un coefficient de corrélation de 0,75. La productivité des terres est également corrélée à I3, la productivité par unité d'intrants de RNR (0,68) et à I12, la productivité par unité de travail (0,69).

I11 représente la productivité des animaux et est positivement corrélé à la productivité par unité d'intrants de RNR (I3) avec un coefficient de corrélation de 0,77.

La productivité par unité d'intrants de RNR, l'équilibre de l'azote et la productivité du travail (I3, I5 et I12) ne sont pas corrélés et représentent des caractéristiques ici jugées intéressantes des fermes : I3 représente la dimension « efficacité dans l'utilisation de la ressource », I5 appartient à la dimension « conservation de la ressource » et I12 à la « productivité ». Les productivités des terres et des animaux (I10 et I11) sont des indicateurs de productivité, tout comme I3 et I12 (productivité des intrants de RNR et du travail). Les enquêtes se déroulent dans 3 zones géographiques de France ayant des potentiels agropédoclimatiques très différents, et avec différentes combinaisons d'espèces. Le but est d'analyser les pratiques sans faire ressortir ces effets de localisation ou de production. Caractériser la production par unité de travail sera plus intéressant pour le projet. **I10 et I11 ne seront donc pas utilisés pour la suite de l'analyse.**

#### Utilisation de l'azote

I1 représente l'inverse de la productivité par unité d'intrant azoté, et il est négativement corrélé à l'équilibre de l'azote (I5) avec un coefficient de -0,67. Cela signifie que la productivité par unité d'intrant azoté est

positivement corrélée à l'équilibre de l'azote. Seul l'équilibre de l'azote (I5) est conservé pour le reste de l'analyse, **I1 est écarté**.

#### Achat des intrants

Le coefficient de corrélation entre I2 (utilisation d'énergie principale) et I34 (indépendances vis-à-vis des intrants matériels) est de 0,7.

I34 est l'inverse de I4 (productivité des intrants). Le choix est donc fait de conserver pour l'analyse I2 et d'enlever I34.

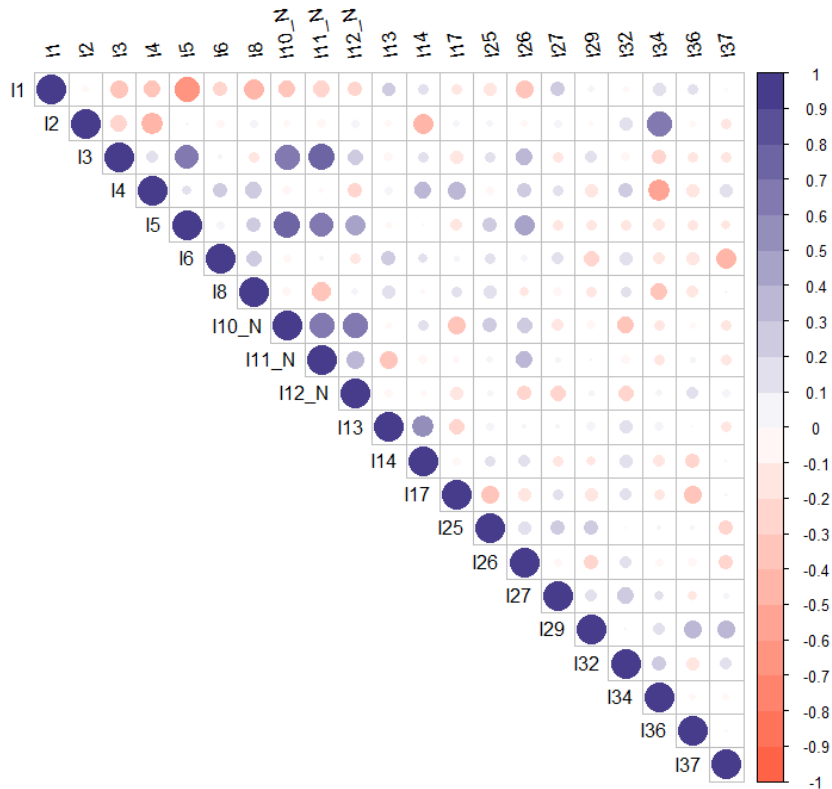


Figure 10 : Version graphique de la matrice de corrélation des variables étudiées. Les tons bleus représentent des corrélations positives et les tons rouges représentent des corrélations négatives. L'intensité de la couleur et la taille des cercles représentent l'importance de la corrélation : plus le cercle est grand et foncé, plus la corrélation est proche de 1 ou -1. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.

#### 5.1.3. Liste des variables finales

La liste des 16 indicateurs conservés pour les analyses statistiques est présentée dans le Tableau 5, et le tableau des indicateurs calculés est présenté en annexe 17. Il existe un déséquilibre du nombre d'indicateur entre dimensions dû à la suppression de variables pour l'analyse en raison des valeurs manquantes ou des fortes corrélations. Ce déséquilibre n'illustre pas pour autant une pondération entre les différentes dimensions.

Tableau 5 : Liste des variables finales utilisées dans l'analyse statistique

Dimension	N°	Indicateur	Calcul
Efficacité dans l'utilisation de la ressource	2	Utilisation d'énergie principale (MJ/€)	$\frac{E \text{ essence, électricité et gaz (MJ)}}{\text{Somme des ventes (€)}}$
	3	Productivité par unité d'intrant de RNR (SU)	$\frac{\text{Energie de produit vendu (MJ)}}{\text{Energie d'intrants de RNR (MJ)}}$
	4	Productivité des intrants (SU)	$\frac{\text{Somme des ventes (€)}}{\text{Intrants achetés (€)}}$



<b>Conservation de la ressource</b>	5	Equilibre de l'azote (kg/ha)	$\frac{\text{Azote vendu (kg)} - \text{Azote acheté(kg)}}{\text{SAU (ha)}}$
<b>Autonomie</b>	8	Autosuffisance alimentaire à l'échelle de la ferme (SU)	$1 - \frac{E \text{ alimentation achetée (UF)}}{E \text{ alimentation totale consommée (UF)}}$
<b>Productivité</b>	12	Productivité par unité de travail (kg)	$\frac{\text{Azote brut produit(kg)}}{\text{UTH}}$
<b>Profitabilité</b>	13	Revenu par travailleur (€)	$\frac{\text{Revenu net (€)}}{\text{UTH}}$
	14	Score de satisfaction (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)
<b>Bien-être humain</b>	17	Intensité moyenne de travail par période (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)
	25	Score de difficulté physique (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)
	26	Score de complexité mentale (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)
	27	Score de satisfaction générale (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)
<b>Bien-être animal</b>	29	Mortalité des jeunes animaux (SU) (<3 mois pour les ruminants et les porcs, <6 mois pour les chevaux)	$\frac{\text{Nombre d'animaux morts}}{\text{Nombre d'animaux total}}$
	32	Satisfaction générale du bien-être (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)
<b>Résilience</b>	36	Nombre de formation par an (SU)	Nombre
	37	Satisfaction de la disponibilité de source d'information extérieure (SU)	Grille d'évaluation (1 à 4)

#### 5.1.4. Nature et distribution des variables

La distribution des variables est présentée dans des boxplots et des histogrammes en Annexe 18.

##### *Description des variables quantitatives issues de calculs*

Au vu des histogrammes, seules les variables I13 et I17 (équilibre de l'azote et charge de travail) ont une distribution qui s'apparente à une loi normale. Un test de Shapiro confirme que les variables ne suivent pas une loi normale, à l'exception de I13 et I17, dont la p-valeur du test de Shapiro est supérieure au seuil choisi de 0,05.

Il existe pour les variables quantitatives des valeurs extrêmes. Il aurait été possible de gommer ces valeurs en bornant les variables. Néanmoins, la spécificité et la diversité des fermes enquêtées constituent l'intérêt du projet, le choix est donc fait de ne pas borner les variables.

Le Tableau 6 répertorie la moyenne, la médiane, le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> quartiles ainsi que le nombre de valeurs extrêmes de chaque variable. Par exemple, pour la productivité par unité d'intrants de RNR (I3), les valeurs extrêmes tirent la moyenne vers le haut. Les valeurs extrêmes ont peu d'incidence pour l'équilibre de l'azote (I5). Les exploitations ont une autonomie alimentaire importante puisque le premier quartile est à 0,79. Seule une exploitation est peu autonome (à 0,49), il s'agit de la ferme 7 située dans le Tarn, qui est une exploitation avec des chèvres et des vaches laitières. Pour la productivité azotée par travailleur (I12), les valeurs extrêmes tirent la moyenne vers le haut. Le revenu par associé ne contient aucune valeur extrême. Le revenu moyen est de 11037€ par an, moins important que le SMIC.

Tableau 6 : Caractérisation des variables quantitatives

Variable quantitative	Indicateur	Moyenne	Médiane	1 <sup>er</sup> quartile	3 <sup>ème</sup> quartile	Unité	Nb de valeurs extrêmes
I2	Utilisation d'énergie principale	4,71	3,95	2,41	5,39	MJ/€	4
I3	Productivité par unité d'intrant de RNR	1,13	0,65	0,36	1,37	SU	3
I4	Productivité des intrants	7,55	4,53	2,50	8,69	SU	4
I5	Equilibre de l'azote	2,58	1,67	-2,26	5,91	Kg N/ha	4
I8	Autonomie alimentaire	0,86	0,91	0,79	0,97	SU	1
I12	Productivité azotée par unité de travail	561,32	296,70	207,02	635,72	Kg N/UTH	3
I13	Revenu par associé	11037,46	11716,56	6750,00	14431,98	€	0
I29	Mortalité des jeunes animaux	0,12	0,10	0,03	0,19	SU	0

#### Description des variables issues de grilles d'évaluation

Les variables issues des scores de satisfaction sont comprises entre 1 et 4. Ce type de variables décrit les dimensions de profitabilité, du bien-être humain et animal et de la résilience. Le Tableau 7 répertorie la moyenne, la médiane, le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> quartiles ainsi que le nombre de valeurs extrêmes de chaque variable. Par exemple, les scores de satisfaction générale (I27) et du bien-être animal (I32) sont tous compris entre 3 et 4. La satisfaction de la disponibilité de source d'information (I37) a une médiane à 3 avec quelques valeurs extrêmes. La satisfaction du revenu (I14) a une médiane et une moyenne de 3 et quelques valeurs extrêmes inférieures. Les scores de difficultés physique (I25) et mentale (I26) sont compris entre 1 et 3. Le score maximal de 4 n'est jamais atteint pour ces scores de difficulté.

Tableau 7 : Caractérisation des variables qualitatives

Variable catégorielle	Indicateur	Moyenne	Médiane	1 <sup>er</sup> quartile	3 <sup>ème</sup> quartile	Nb de valeurs extrêmes
I14	Satisfaction du revenu	3,08	3,08	3,00	4,00	1
I17	Intensité moyenne de travail par période	2,74	2,74	2,46	2,96	1
I25	Difficulté physique	2,41	2,00	2,00	3,00	0
I26	Complexité mentale	2,14	2,00	2,00	3,00	0
I27	Satisfaction générale	3,41	3,00	3,00	4,00	0
I32	Satisfaction du bien-être animal	3,40	3,00	3,00	4,00	0
I37	Satisfaction de la disponibilité de source d'information extérieure	2,96	3,00	2,98	3,00	3

### Description des variables de comptages

Une seule variable est définie par un comptage : le nombre de formations par an. La moyenne du nombre de formations par an est de 2,5 environ. Une ferme se démarque avec 15 formations par an.

Toutes les variables sont ensuite centrées et réduites pour l'analyse en composantes principales afin qu'elles soient comparables. Le centrage réduction permet de ne pas avoir d'effets d'échelle ou d'unité lors de l'ACP, qui donnerait plus de poids à certaines variables.

### 5.2. Choix du nombre de composantes pour l'ACP

L'ACP est réalisée. Les valeurs propres et la variance expliquée par chaque dimension sont présentées et représentées graphiquement dans la Figure 11. Cette figure met en valeur une variance expliquée par les premières composantes assez faible. Une valeur propre supérieure à 1 signifie que la composante explique plus de variance qu'une variable. Une composante avec une valeur propre inférieure à 1 est écartée d'office. Les 7 premières composantes ont une valeur propre est supérieure à 1. Les composantes 8 à 16 sont donc écartées. Les composantes 1 et 2 ont une valeur propre supérieure à 2 et expliquent 30% de la variance. La 3<sup>ème</sup> composante a une valeur propre de 1,82 et explique 11% de la variance.

Comp	Valeurs propres	Variance expliquée	Variance expliquée en cumulée
1	2,47	15,46	15,46
2	2,38	14,88	30,34
3	1,82	11,40	41,74
4	1,66	10,39	52,13
5	1,41	8,83	60,96
6	1,37	8,54	69,51
7	1,01	6,34	75,85
8	0,92	5,77	81,61
9	0,70	4,38	85,99
10	0,63	3,94	89,94
11	0,56	3,51	93,44
12	0,42	2,61	96,05
13	0,23	1,46	97,51
14	0,20	1,23	98,74
15	0,13	0,80	99,54
16	0,07	0,46	100,00

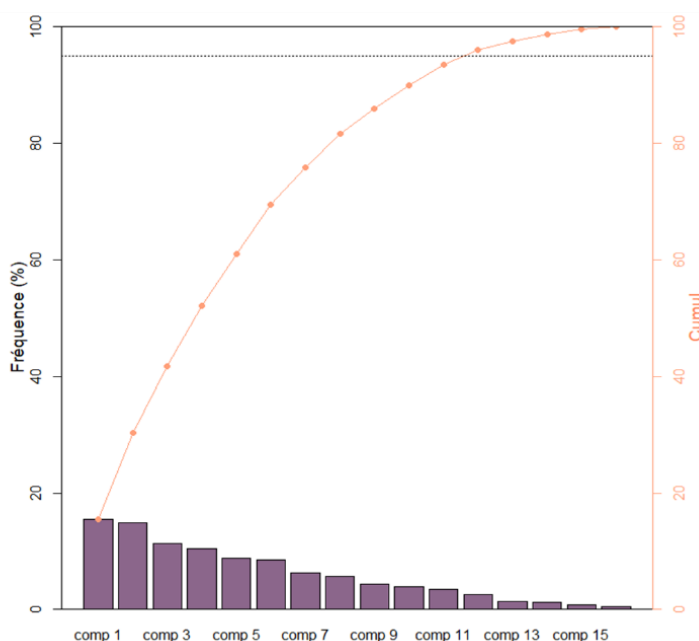


Figure 11 : Valeurs propres des dimensions et variance expliquée par chaque dimension – tableau et représentation graphique.

La qualité de représentation des variables sur les 7 premières composantes est présentée et représentée graphiquement en Figure 12. Une représentation des variables strictement supérieure à 25% sera considérée ici comme importante. Les 6 premières composantes représentent de manière importante au moins une variable : la première et la deuxième en représentent chacune 4, la troisième en représente 3, la quatrième et la cinquième, 2 et la sixième 1 variable. La composante 7 est donc écartée puisqu'elle ne représente aucune variable de manière importante. Au vu des données des Figure 11 et Figure 12, il serait intéressant de conserver les composantes 1 à 6 d'un point de vue statistique. Néanmoins, l'interprétation et la visualisation des résultats s'avérant compliquée au-delà de 3 dimensions, ajouté au fait que les trois premières composantes représentent mieux un nombre plus important de variables, la décision est prise de ne conserver que les 3 premières composantes. Cela correspond à 41.74% de variance expliquée.

	1	2	3	4	5	6	7
I2	0,17	0,04	0,10	0,40	0,00	0,05	0,11
I3	0,49	0,09	0,01	0,03	0,11	0,04	0,02
I4	0,18	0,42	0,00	0,09	0,06	0,00	0,08
I5	0,51	0,12	0,13	0,01	0,07	0,02	0,01
I8	0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	0,58	0,15
I12	0,02	0,36	0,03	0,06	0,00	0,21	0,06
I13	0,06	0,04	0,36	0,04	0,12	0,13	0,03
I14	0,28	0,13	0,21	0,03	0,10	0,01	0,04
I17	0,06	0,33	0,26	0,03	0,02	0,00	0,00
I25	0,10	0,06	0,09	0,29	0,06	0,01	0,13
I26	0,37	0,01	0,01	0,11	0,00	0,22	0,01
I27	0,04	0,10	0,03	0,15	0,27	0,03	0,01
I29	0,04	0,09	0,33	0,01	0,27	0,00	0,00
I32	0,00	0,30	0,03	0,13	0,07	0,01	0,19
I36	0,07	0,24	0,16	0,01	0,00	0,01	0,08
I37	0,04	0,02	0,04	0,24	0,25	0,05	0,08

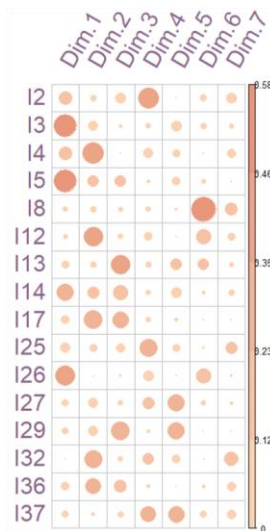


Figure 12 : Qualité de représentation des variables sur les 7 premières dimensions – tableau et représentation graphique. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.

### 5.3. Classification des variables sur les composantes principales

L'ACP est effectuée avec 3 composantes. Les variables sont représentées sur ces composantes en Figure 13.

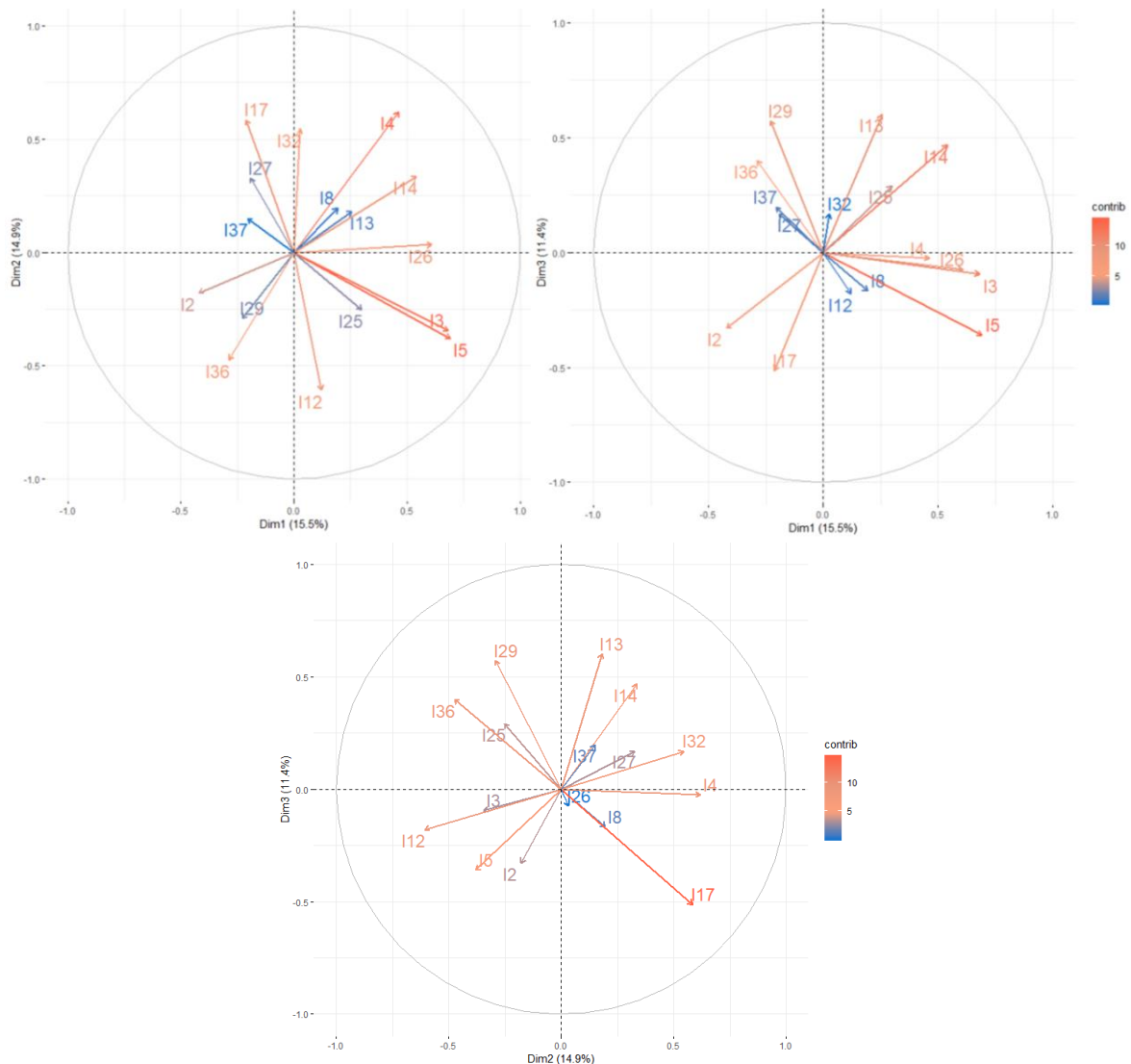


Figure 13 : Représentation des variables sur les composantes principales en fonction de leur contribution aux axes. Plus la couleur est bleue, plus la contribution est faible, plus la couleur est rouge, plus la contribution est forte. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.

### 5.3.1. Caractérisation des composantes

La contribution des variables à la formation des composantes est présentée en annexe 19. La première est formée :

- De la productivité par unité d'intrant de RNR (I3) qui contribue à 18,86% à la formation de cette composante, avec une qualité de représentation de 49%
- De l'équilibre d'azote (I5) qui contribue à 19,42% à sa formation avec une qualité de représentation de 51%
- Du score de complexité (I26), qui contribue à 15% à sa formation, avec une qualité de représentation de 37%

De même, la seconde composante est formée :

- D'indicateurs de productivité, soit par unité de travail (I12 dont la contribution est de 15,52% et la qualité de représentation sur cette composante est de 36%), soit des intrants (I4 dont la contribution est de 16,17% et la qualité de représentation sur cette composante est de 42%)
- De la charge de travail (I17) qui contribue à 14,38% à sa formation et dont la qualité de représentation sur cette composante est de 33%

Enfin, la troisième composante est formée :

- De variables de profitabilité, que ce soit le revenu (I13 : contribution de 19,81%, qualité de représentation de 36%) ou la satisfaction du revenu (I14 : contribution de 11,97 %, qualité de représentation de 21%)
- De la charge de travail (I17 : contribution de 14,44 %, qualité de représentation de 26%)
- D'indicateur de bien-être animal avec la mortalité des jeunes (I29 : contribution de 17,96%, qualité de représentation de 33%)

Il est donc possible de dégager des idées d'après ces contributions :

- **La composante 1** est caractérisée par des performances environnementales, soit en termes d'efficacité de l'utilisation de la ressource, soit en termes de conservation de la ressource (efficacité de l'utilisation de ressources non renouvelables et équilibre de l'azote) induites par un système complexe.
- **La composante 2** est une composante de performances techniques puisqu'elle se caractérise par la productivité (soit du travail soit des intrants puisque les deux sont anti-corrélés) et de la charge de travail.
- **La composante 3** illustre des performances de profitabilité et de bien-être humain avec le revenu des agriculteurs et leur satisfaction vis-à-vis de ce revenu, ainsi que le bien-être animal avec la mortalité des jeunes.

### 5.3.2. Description et interprétation sur les variables

Les graphiques précédents (Figure 13) sont à interpréter avec précaution car les composantes choisies expliquent peu de variance. Il est toutefois possible de commenter que :

- Les variables I3 et I5 que l'on peut qualifier d'environnementales sont corrélées sur toutes les dimensions, et indépendantes d'I4 qui représente la productivité des intrants. Ainsi, la productivité des intrants (somme des ventes sur les intrants achetés) est indépendante de l'efficacité de l'utilisation de RNR et de l'équilibre de l'azote. Une ferme peut donc utiliser efficacement ses intrants et avoir une mauvaise performance environnementale sur les plans des RNN et de l'azote et vice versa.

- La complexité du système (I26) semble corrélée avec la performance environnementale (I3 de la dimension de l'efficacité dans l'utilisation de la ressource, et I5 de la dimension de la conservation de la ressource) mais indépendante de la productivité azotée par travailleur (I12). Cela signifie qu'un système complexe va être source d'une bonne performance environnementale, mais ne va pas influencer la productivité par travailleur. De plus, un système peut être productif par unité de travail sans être complexe à gérer.
- Les productivités des intrants (I4) et du travail (I12) sont anti-corrélées, et la charge de travail (I17) est légèrement corrélée à la productivité des intrants. Cela signifie qu'au sein d'une exploitation, une charge de travail élevée peut permettre une meilleure productivité des intrants. Toutefois, lorsque la productivité des intrants est importante, la productivité azotée par unité de travail ne l'est pas. Un système peut donc être efficient financièrement dans son utilisation des intrants grâce à une charge de travail importante, mais ne pas produire une grosse quantité d'azote par unité de travail. L'anti-corrélation entre la charge de travail et la productivité par unité de travail peut aussi démontrer qu'une grosse charge de travail nuit à l'efficacité de ce dernier.
- Une faible corrélation négative existe également entre la charge de travail (I17) et le nombre de formations par an (I36), qui peut illustrer la difficulté de dégager du temps pour une réflexion sur le changement de son système pour un éleveur surchargé, ainsi qu'à mettre en œuvre ces changements.
- La mortalité des jeunes animaux (I29) et la perception du bien-être animal de l'éleveur (I32) sont indépendantes, ce qui peut révéler soit une mauvaise perception de l'éleveur du bien-être, soit que la mortalité des jeunes est un mauvais indicateur.
- La satisfaction du revenu (I14) est corrélée au revenu (I13), ce qui confirme une hypothèse qui aurait été instinctive : plus les agriculteurs ont un revenu élevé, plus ils en sont satisfaits. Ce résultat sera toutefois à remettre en perspective avec les niveaux de revenus rencontrés.
- L'équilibre de l'azote (I5) est indépendant de la charge de travail (I17) et du revenu (I13). Cela signifie qu'un système performant sur l'utilisation de la ressource n'est pas forcément un système nécessitant une charge de travail importante, ou un système avec une rentabilité élevée.
- La satisfaction générale (I27) et la perception du bien-être des animaux (I29) semblent liés, ce qui illustrerait qu'une bonne perception du bien-être de ses animaux influence positivement la satisfaction générale de l'exploitant.

On peut suggérer, à partir de ces graphiques, qu'un système complexe peut avoir une bonne performance d'un point de vue de l'équilibre de l'azote et de l'utilisation des ressources non renouvelables. De plus, cette complexité et cette performance environnementale semblent indépendantes de la productivité. Le revenu semble indépendant de la charge de travail, et cette charge de travail est négativement corrélée à la productivité du travail. C'est-à-dire que plus la charge de travail est élevée, moins celui-ci est productif. L'ensemble de ces liaisons est repris en Figure 14.

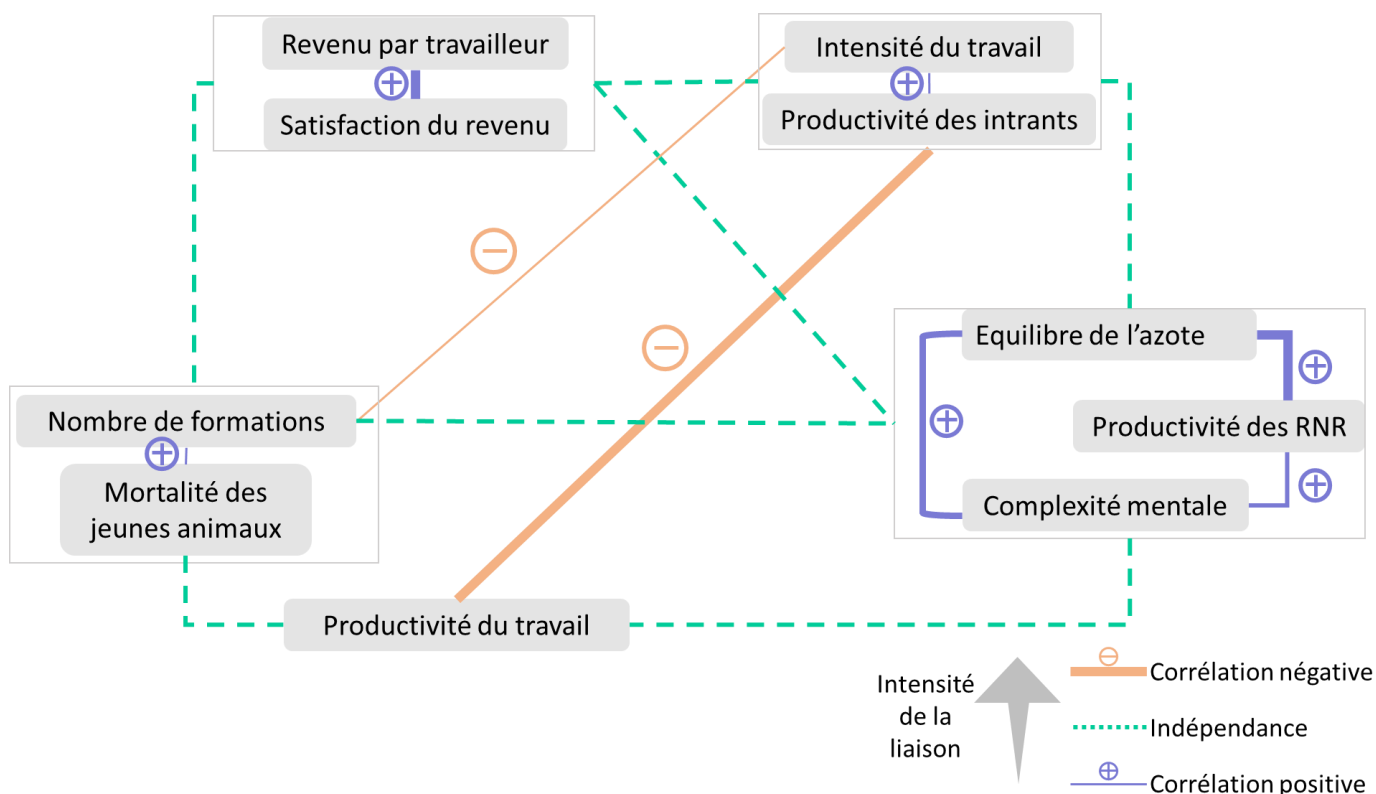


Figure 14 : Représentation des principaux liens mis en valeur par l'ACP entre les variables

Des indépendances entre indicateurs de différentes dimensions sont mises en valeur. Par exemple :

- L'équilibre de l'azote (dimensions conservation de la ressource) est indépendant du revenu (profitabilité), de la charge de travail (bien-être humain) et de la productivité des intrants (efficacité de l'utilisation de la ressource)
- L'utilisation de RNR (efficacité de l'utilisation de la ressource) est indépendante du revenu (profitabilité) et de la charge de travail (bien-être humain)
- La productivité par UTH (productivité) est indépendante de la mortalité des jeunes (bien-être animal)
- Le nombre de formation par an (résilience) est indépendant du revenu et de la satisfaction du revenu (profitabilité)

Ces indépendances illustrent bien l'importance de l'utilisation d'indicateurs de toutes les dimensions pour évaluer la durabilité de la ressource. La résilience est tout de même mal représentée sur les axes, puisque la qualité de représentation du nombre de formation par an (I36) sur l'axe 2 est de 0,36.

#### 5.4. Classification des fermes sur les composantes principales

Une typologie est ensuite établie après ACP d'après un arbre de classification. Le dendrogramme est présenté en Figure 15. Les fermes sont divisées en 4 groupes. Les fermes de 1 à 15 sont des fermes du sud-ouest. Les fermes 16 et 17 sont des fermes du sud-est et les fermes de 18 à 31 sont des fermes du centre de la France.

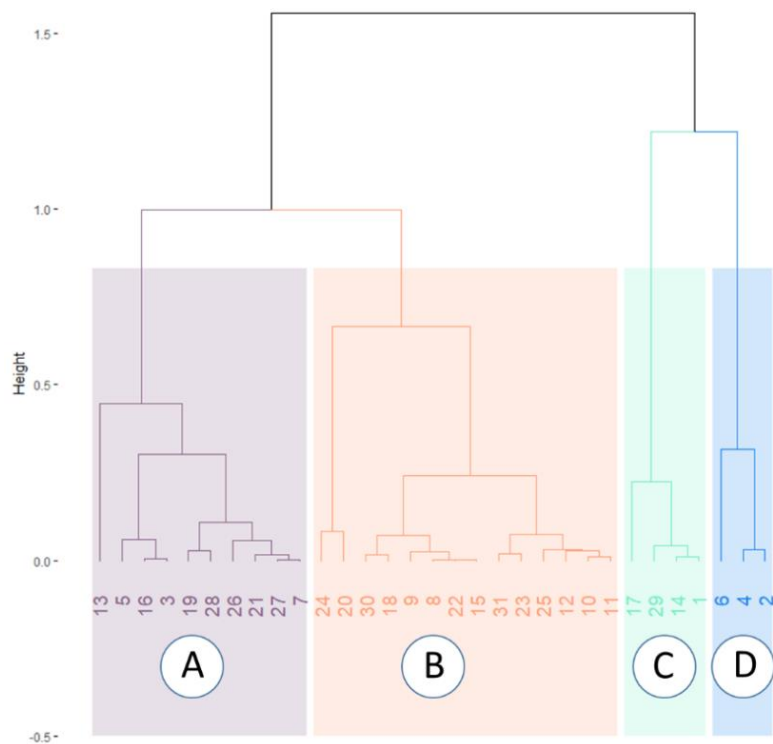


Figure 15 : Dendrogramme de classification des fermes après ACP

Les individus sont représentés sur la Figure 16 sur les axes 1 et 2 qui distinguent le mieux les groupes C et D, ainsi que sur les axes 1 et 3 qui distinguent les groupes 1 et 2. La représentation sur les axes 2-3 est présentée en annexe 20.

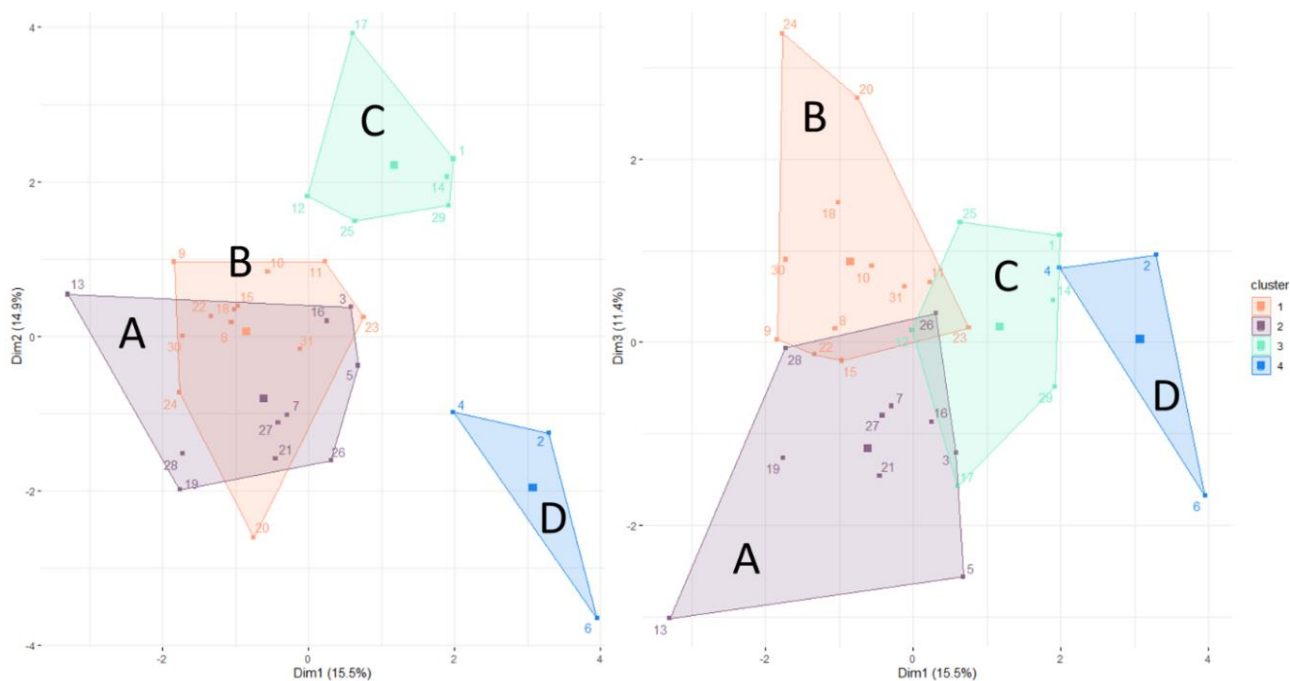


Figure 16 : Représentation des individus sur les axes 1-2 et 1-3

Cette Figure 16 montre que les groupes A et B sont similaires sur les axes 1 et 2, mais se différencient sur l'axe 3. Cela signifie que ces groupes sont similaires sur des aspects de performances environnementales (composante 1) et de productivité (composante 2) mais se différencient sur des aspects sociaux comme le revenu et le bien-être animal. Les groupes C et D se différencient le plus sur l'axe 2, c'est-à-dire sur des aspects de productivité, soit des intrants soit par unité de travail. Le groupe C se différencie des groupes A et B le plus



distinctement sur l'axe 2, c'est-à-dire sur des aspects de productivité, soit des intrants soit par unité de travail également. Le groupe D se distingue bien des groupes A et B sur l'axe 1, c'est-à-dire sur des aspects de performances environnementales.

#### 5.4.1. Indépendance des combinaisons et de la localisation

La Figure 17 représente les individus sur les axes 1 et 2 en fonction de :

- Leur production (à gauche) : Ruminant-ruminant ou Ruminant-monogastrique
- Leur localisation (à droite) : Clermont-Ferrand, Toulouse ou Montpellier

Les données sont très éclatées et les barycentres de chacun des paramètres, soit de production, soit de localisation, sont proches de 0. Le même phénomène se retrouve sur les axes 1-3 et 2-3 (Annexe 21 et 22). L'éclatement des données sur ces représentations montrent que le type de production ainsi que la localisation n'influencent pas la classification.

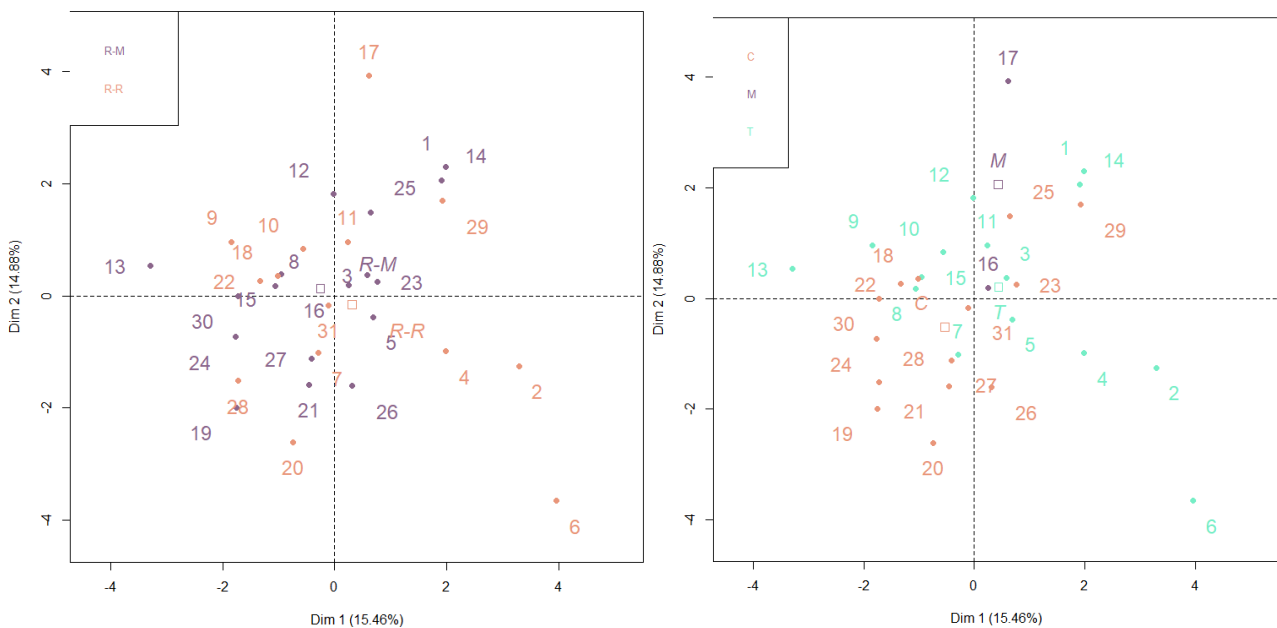


Figure 17 : Représentation des individus en fonction de (1) à gauche leurs ateliers : 2 ateliers de ruminants (R-R en orange) ou 1 atelier ruminant et 1 atelier monogastrique (R-M en violet) ; et de (2) à droite leur localisation : INRA Clermont-Ferrand (C en orange), INRA de Montpellier (M en violet) ou INRA de Toulouse (T en vert)

#### 5.4.2. Caractérisation des groupes selon l'évaluation de la durabilité

Afin de caractériser les différents groupes avec des descriptions concrètes, la ferme la plus proche de chaque barycentre de groupe est choisie. Les fermes 7, 10, 14 et 2 sont donc représentées sur des graphiques radars, accompagnées des premier et dernier quartiles de la population totale (Figure 18, Figure 19, Figure 20 et Figure 21). Avant chaque description des fermes exemples, un encadré présente les caractéristiques des groupes présentées avec le minimum et le maximum de chaque variable importante pour le groupe et pour la population totale. Les variables importantes sont celles qui contribuent fortement à former les 3 premières composantes : I3 (productivité par unité d'intrant azoté), I4 (productivité des intrants), I5 (équilibre de l'azote), I12 (productivité par unité de travail), I13 (revenu par associé), I14 (satisfaction du revenu), I17 (charge de travail), I26 (complexité mentale), et I29 (mortalité des jeunes animaux).

**Caractéristiques du groupe :**

Une productivité des intrants moyenne et du travail élevée, une autonomie alimentaire moins complète que le reste de la population, des revenus très faibles, une bonne gestion des intrants de RNR et de l’azote pour une charge de travail, une difficulté physique et une complexité mentale moyennes.

	I3 (SU)		I4 (SU)		I5 (kg N/ha)		I12 (kg (N/UTH)		I13 (€)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Pop	0,11	5,74	0,57	30,86	-27,62	40,03	17,81	2455,50	1800,00	22727,27
Groupe A	0,11	3,01	1,94	9,00	1,54	17,14	135,26	2455,50	1800,00	11716,56
	I14 (SU)		I17 (SU)		I26 (SU)		I29 (nombre)			
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
Pop	1,00	4,00	1,96	3,75	1,00	3,00	0,00	0,31		
Groupe A	1,00	4,00	2,29	3,50	1,00	3,00	0,00	0,26		

Le groupe A représenté par la ferme 7 se distingue par de moins bonnes performances économiques (I13 et I14) que la moyenne, tant au niveau du revenu par associé que de la satisfaction de ce dernier. En effet, le revenu par associé de la ferme 7 est de 2104€ par an et l’associé interrogé en est assez insatisfait (score de 2/4). En revanche, les indicateurs représentant la durabilité environnementale par l’équilibre de l’azote et l’utilisation de RNR (I3 et I5) sont supérieurs au 3<sup>ème</sup> quartile de la population. Par exemple, pour la ferme 7, la productivité par unité d’intrant de RNR (I3) est de 3 (SU) et l’équilibre de l’azote (I5) est de 10,35 Kg N/ha. L’indicateur représentant la productivité financière des intrants (I4 = 5,3 (SU)) est compris entre le premier et le dernier quartile de la population totale.

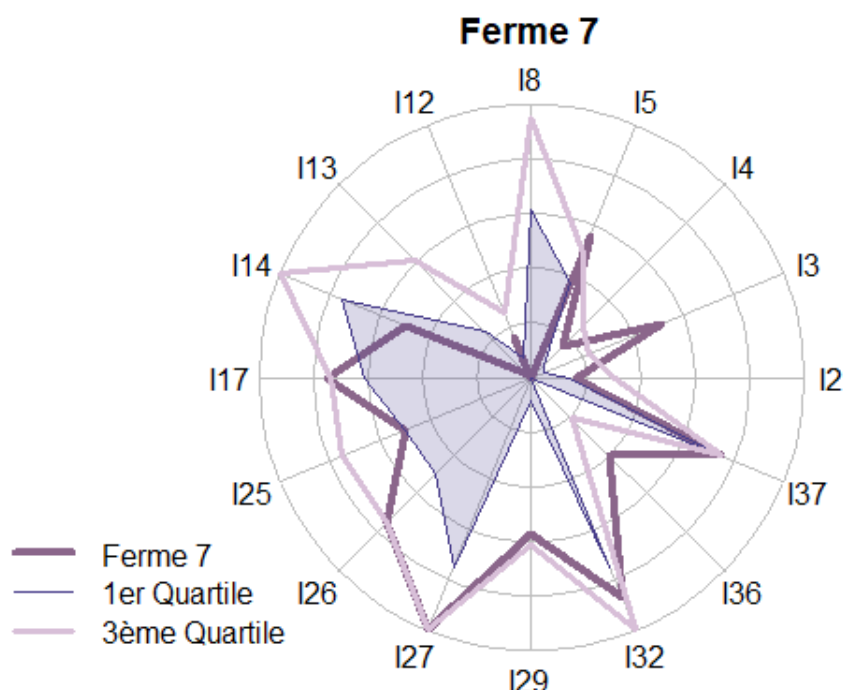


Figure 18 : Caractéristiques de la ferme 7 par rapport à la population totale. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.

**Caractéristiques du groupe :**

Une autonomie alimentaire complète, une productivité azotée du travail faible mais une bonne valorisation financière des intrants. Une charge de travail et une difficulté physique moyennes dans un système peu complexe qui apporte des revenus plus élevés que la médiane. Une gestion de l'azote et des RNR moyennes, un bien-être animal élevé.

	I3 (SU)		I4 (SU)		I5 (kg N/ha)		I12 (kg (N/UTH)		I13 (€)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Pop	0,11	5,74	0,57	30,86	-27,62	40,03	17,81	2455,50	1800,00	22727,27
Groupe B	0,12	2,32	0,57	9,62	-27,62	3,16	17,81	822,50	6000,00	18461,54
	I14 (SU)		I17 (SU)		I26 (SU)		I29 (nombre)			
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
Pop	1,00	4,00	1,96	3,75	1,00	3,00	0,00	0,31		
Groupe B	2,00	4,00	2,25	3,00	1,00	3,00	0,00	0,31		

La ferme 10 qui représente le groupe B a une bonne autonomie alimentaire (I8 : 0,96 (SU)). Les revenus sont proches du 3<sup>ème</sup> quartile de la population (I13) et le revenu de la ferme 10 est de 12000€ par an. L'associé interrogé en est assez satisfait (score de 3/4). La productivité, soit financière des intrants soit du travail, est moins bonne par rapport à la population. Elle est de 17,8 kg N/UTH pour I12 et de 8,3 (SU) pour I4. Le reste des indicateurs est compris entre le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> quartile de la population totale.

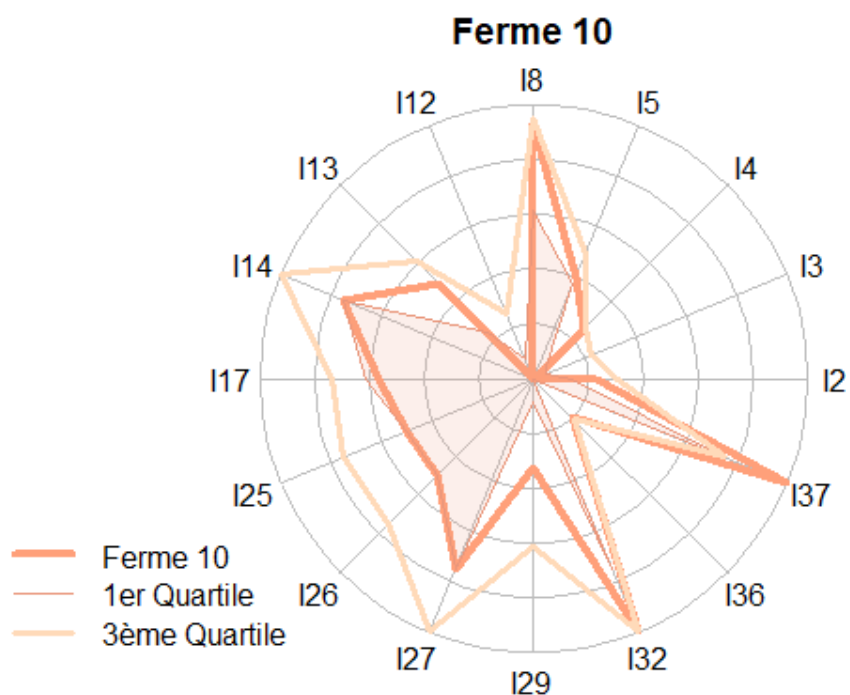


Figure 19 : Caractéristiques de la ferme 10 par rapport à la population totale. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.

**Caractéristiques du groupe :**

Une autonomie alimentaire complète, une faible productivité des intrants azotés mais une bonne valorisation financière des intrants. Une charge de travail importante dans un système complexe mais une difficulté physique moyenne pour des revenus moyens. Un bien-être animal important. Une très bonne gestion de l’azote et des RNR.

	I3 (SU)		I4 (SU)		I5 (kg N/ha)		I12 (kg (N/UTH)		I13 (€)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Pop	0,11	5,74	0,57	30,86	-27,62	40,03	17,81	2455,50	1800,00	0,11
Groupe C	1,13	2,00	18,16	30,86	1,45	6,68	140,29	285,74	7500,00	1,13
	I14 (SU)		I17 (SU)		I26 (SU)		I29 (nombre)			
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
Pop	22727,27	1,00	4,00	1,96	3,75	1,00	3,00	0,00		
Groupe C	16744,19	3,08	4,00	2,74	3,75	2,00	3,00	0,00		

La ferme 14 qui représente le groupe C se caractérise par une autonomie complète (I8) et des revenus supérieurs au dernier quartile (I13). En effet, le revenu par associé pour la ferme 14 est de 16744€ par an, et l’associé interrogé en est très satisfait (score de 4/4). La productivité financière des intrants y est très importante (I4) puisqu’elle est de 18,2 (SU). Cela signifie que cette ferme valorise très bien ses intrants financièrement. La charge de travail est dans la partie supérieure de la population (I17) avec un score d’intensité moyen de 2,75/4 par période. Les indicateurs de durabilité environnementale (I3 = 1,4 (SU) et I5 = 6,1 kg N/ha) sont similaires au 3<sup>ème</sup> quartile (partie supérieure de la population), excepté pour la productivité des intrants de RNR (I2 = 2,4 MJ/€), qui est égale au premier quartile (partie inférieure de la population). La mortalité des animaux (I29) est faible (0 animaux) et la perception du bien-être est dans la partie supérieure (I32) avec un score de 4/4.

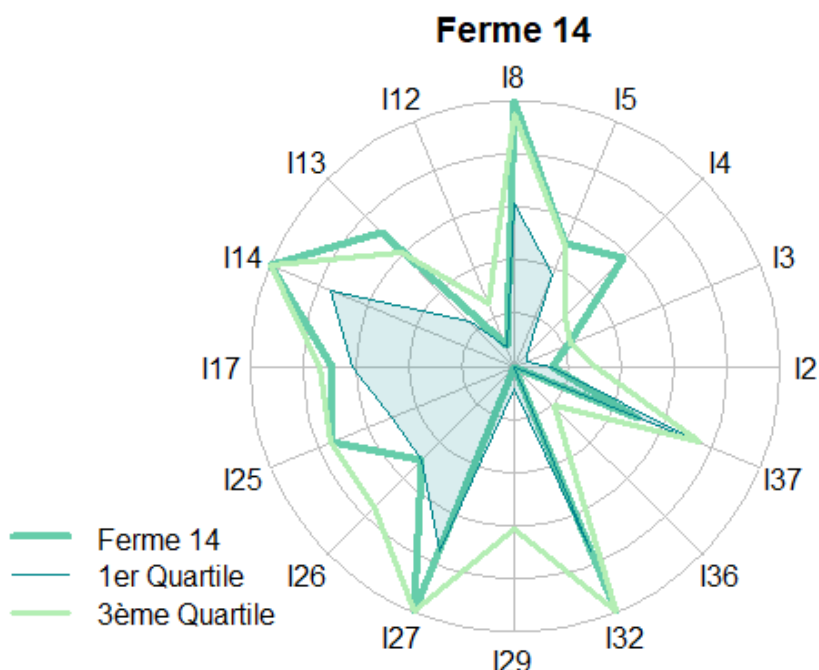


Figure 20 : Caractéristiques de la ferme 14 par rapport à la population totale. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.

**Caractéristiques du groupe :**

Une autonomie incomplète, Une bonne productivité azotée par travailleur, une productivité des intrants moyenne. Une charge de travail moyenne mais une difficulté physique et mentale importantes pour un revenu important. Une très bonne gestion de l’azote et des RNR. Un bien-être important mais une moins bonne perception de ce dernier.

	I3 (SU)		I4 (SU)		I5 (kg N/ha)		I12 (kg (N/UTH)		I13 (€)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Pop	0,11	5,74	0,57	30,86	-27,62	40,03	17,81	2455,50	1800,00	22727,27
Groupe D	1,54	5,74	3,30	11,77	12,51	40,03	710,12	1275,08	4545,45	22727,27
	I14 (SU)		I17 (SU)		I26 (SU)		I29 (nombre)			
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
Pop	1,00	4,00	1,96	3,75	1,00	3,00	0,00	0,31		
Groupe D	3,00	4,00	1,96	2,75	2,00	3,00	0,00	0,27		

Le groupe D représenté par la ferme 2 ressort par sa productivité par travailleur (I12) très importante (1240 kg N/UTH) et sa charge de travail plus faible que le reste de la population avec un score moyen de 1,96/4. Le revenu est de 22 727€ par an, ce qui est très important (I13) pour une difficulté physique (3/4) et mentale importante (3/4), égale au dernier quartile (I25 et I26). La mortalité des animaux est très faible (0 animaux) bien que la perception du bien-être soit située dans la partie inférieure par rapport à la population (I32) avec un score de 3/4. Les indicateurs de durabilité environnementale (utilisation de RNN I3 : 1,54 (SU) et équilibre de l’azote I5 : 36,01kg N/ha) sont supérieurs au reste de la population.

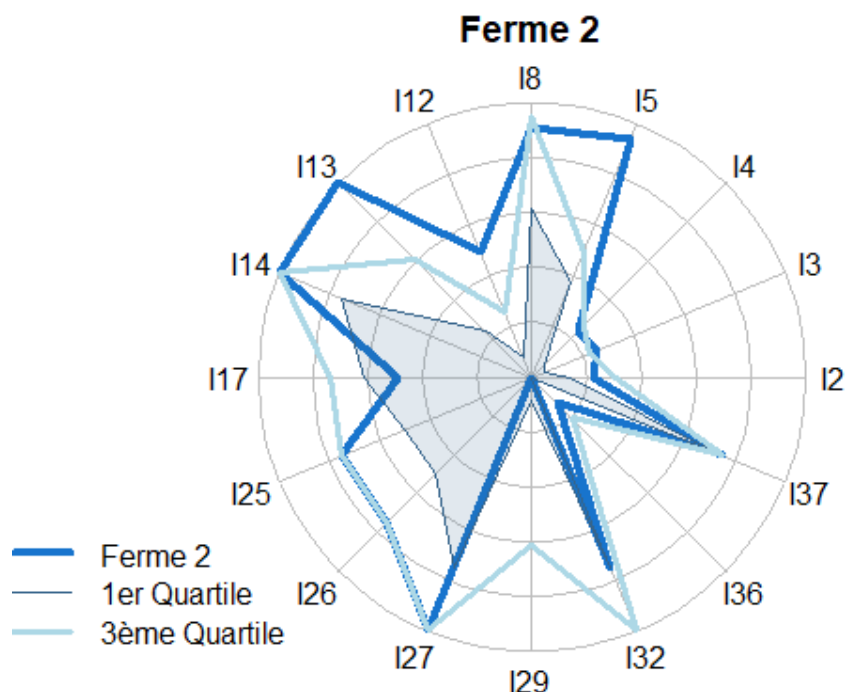


Figure 21 : Caractéristiques de la ferme 2 par rapport à la population totale. Le lien entre le n° et le nom des indicateurs se trouve dans le Tableau 2 page 15.

Si chaque groupe comporte des points forts et des points faibles en termes de durabilité, il apparaît néanmoins que les groupes C et D semblent être performants sur un plus grand nombre d'indicateurs. Cette présentation des typologies de fermes est à prendre avec précaution en raison :

- Du faible nombre d'individus et du nombre important de variables, qui impliquent une faible variance expliquée par les dimensions choisies de l'ACP (40%).
- De la variabilité intra-groupe, qui ressort tout de même importante.

De plus, l'équilibre de l'azote est calculé de la manière suivante :

$$\frac{\text{Azote vendu (kg)} - \text{Azote acheté(kg)}}{\text{SAU (ha)}}$$

Une valeur la plus proche possible de 0 est signe de durabilité en illustrant un système à l'équilibre. Toutefois, la fixation de l'azote par les légumineuses au sein du système n'est pas prise en compte ici. Il y a donc des rentrées d'azote au sein du système qui ne sont pas représentées. Ainsi, une valeur positive pour cet indicateur ne signifie pas forcément que l'azote n'est pas rendu au sol puisqu'une compensation peut se faire grâce à cette fixation d'azote par les légumineuses. Enfin, ces typologies ne se basent que sur la comparaison entre les fermes. Elle fait donc éventuellement ressortir des différences entre les fermes enquêtées. Il faut toutefois garder à l'esprit qu'une comparaison de ces exploitations avec des fermes spécialisées nuancerait les contrastes mis en valeur dans ce travail.

#### 5.4.3. Lien entre les groupes et la structure des fermes

Il est intéressant de mettre en perspective la durabilité des fermes prise pour représenter les groupes avec leur structure. Cette dernière est présentée ici pour chacune des fermes exemple.

##### *Ferme 7 – groupe A*

La ferme 7 est une exploitation de 48 ha avec 3,5 ha de forêts. 2,2 UTH dont 2 associés à temps plein travaillent pour élever des vaches laitières et des chèvres représentant au total 8 UGB. La ferme n'a pas de cultures, transforme son lait et vend l'intégralité en circuits courts (marchés principalement).

##### *Ferme 10 – groupe B*

La ferme 10 est une exploitation de petite taille qui fait vivre 2 associés, avec 25 ha de SAU et 5 ha de parcours, une trentaine de chèvres et une quarantaine de brebis allaitantes, soit 17 UGB. La traite des chèvres se fait à la main, le lait est transformé et les produits sont vendus en circuit court. Seuls une partie des chevreaux n'est pas engraisée à la ferme et est vendu en circuit long.

##### *Ferme 14 – groupe C*

La ferme 14 est une ferme assez grande avec 80 ha de SAU. Elle se distingue des autres par son activité de maraichage, qui est sa principale source de revenu. La surface de culture est importante, et le rôle principal des activités d'élevage (20 UGB, dont une dizaine de vache et une cinquantaine de poules pondeuses) est la fertilisation. La viande et les œufs sont vendus sur le marché ou directement en boucherie et le revenu dégagé est très important.

##### *Ferme 2 – groupe D*

La ferme 2 est une exploitation de 60 ha avec 103 UGB dont 50 vaches laitières et 15 vaches allaitantes. 2 associés travaillent à temps plein sur la ferme et ont un employé à 0,2 UTH pour vendre les produits des vaches à viande en circuit court et les produits des vaches laitières en circuit long.

Le Tableau 8 récapitule les médianes des groupes pour les indicateurs de structure, ainsi que la p-value du test de Kruskal-Wallis afin de déterminer si les différences entre les groupes sont significatives. Il apparaît qu'aucune des différences de structure entre les fermes des différents groupes n'est significative. Les 4 groupes définis par les indicateurs de durabilité ne se différencient pas par la structure générale des fermes

(taille, nombre d'animaux, de travailleurs, type de commercialisation). La durabilité des fermes dépend donc avant tout des pratiques que les éleveurs mettent en place.

Tableau 8 : Médianes sur des indicateurs de structure des groupes et p-value du test de Kruskal-Wallis

	Ressources en terres			Ressources en animaux et travail		Autres activités de diversification			
	SAU (ha)	Eloignement parcelles (km)	Surface labou-rable (%)	Nb d'UGB total	Nb d'UTH total	Production énergétique (Nb de fermes)	Transfor-mation (Nb de fermes)	Vente directe (Nb de fermes)	Prestation services (Nb de fermes)
A	96,95	9,00	0,58	80,00	1,61	0	0	1	0
B	101,00	7,50	0,37	81,03	2,16	0	0	1	0
C	97,50	4,00	0,62	46,50	2,08	0	1	1	0
D	61,00	4,50	0,77	103,15	2,20	0	0	1	0
P	0,73	0,56	0,15	0,59	0,93	0,69	0,28	0,68	0,50

## 6. Discussion

### 6.1. Discussion sur les résultats

Ce stage s'est déroulé dans le cadre du commencement des analyses du projet MIX-ENABLE. Il s'agit donc d'un travail exploratoire visant à préciser les analyses à effectuer dans la suite du projet.

Le premier objectif de ce stage a été d'évaluer la durabilité des fermes de PCPE enquêtées en France pour le projet MIX-ENABLE, ce qui a été possible grâce à l'écriture d'un code en partie adaptable pour l'ensemble des fermes européennes dans la suite du projet. Quatre groupes de fermes ont été discriminés et un profil de durabilité leur a été attribué, ce qui constituait les objectifs 2 et 3. Le dernier objectif de mon stage était de comparer les profils de durabilité aux profils de structure des fermes, et aucun lien n'a pas pu être mis en évidence entre les deux. Ce résultat laisse penser que si la durabilité des exploitations n'est pas liée à sa structure, elle peut être liée aux pratiques agricoles. Un des objectifs du projet MIX-ENABLE étant d'étudier le lien entre la durabilité et les pratiques il s'agit d'un résultat très intéressant pour la suite du projet.

Des liens entre les variables ont également été mis en valeur. La complexité du système pourrait être source de performance environnementale en optimisant l'utilisation de ressources non renouvelables et l'équilibre de l'azote. Il serait intéressant, pour approfondir ce lien, d'explicitier la complexité des systèmes : nombre et intensité des interactions au sein du système et gestion par l'éleveur. Il a également été montré que la charge de travail impliquait une diminution de la productivité du travail. Ce résultat est à relativiser : dans le calcul de la productivité par UTH, c'est la quantité d'azote vendu qui a été utilisé. L'azote produit et réutilisé dans le système n'a pas été pris en compte. Il faudra mettre ce résultat en relation avec les pratiques afin de l'approfondir, mais il est possible d'imaginer que pour une intensité de travail importante et une productivité du travail moindre, le bilan azoté serait meilleur. Les indicateurs de différentes dimensions sont pour beaucoup indépendants, ce qui souligne l'importance de toutes les dimensions choisies pour mesurer la durabilité. La résilience était en revanche peu représentée sur les composantes. Ce résultat est à remettre en perspective avec la Figure 1 présentant les principes de l'agroécologie et plaçant la diversité comme source de résilience. Ce postulat sera difficile à démontrer si la résilience est toujours peu représentée dans la suite du projet.

Les résultats de l'analyse multivariée illustrent bien la nécessité de compromis dans les dimensions de la durabilité. La multiplicité de profils de durabilité met également en évidence que les avantages de la diversité sur le plan de la durabilité dépendent des situations et des pratiques. La diversité comme source de durabilité n'est donc pas systématique. Des études avaient déjà été effectuées en polyculture-élevage (Mischler, Guilbert, Durant, & Martel, 2017) et avaient démontré que l'association des cultures et de l'élevage était bénéfiques dans les cas où les interactions entre l'atelier végétal et l'atelier animal étaient élevés. Dans le

cas d'une intégration forte, le bilan azoté peut être meilleur, l'utilisation d'intrants est diminué pour un résultat net constant (Mischler, 2019). Au vu de ces résultats en polyculture-élevage, nous pouvons alors faire l'hypothèse que dans les exploitations de PCPE, l'intégration augmente la durabilité, voire que la diversification en élevage n'augmente la performance de durabilité que dans les cas d'exploitations intégrées (Mischler & Martin, 2019).

La classification a distingué 4 groupes de fermes ayant des profils de durabilité différents. Les contrastes entre ces groupes sont néanmoins à mettre en perspective avec le contexte de production français et les performances des fermes spécialisées. Par exemple, en Bretagne, les fuites d'azote dans l'environnement représentent 84kg N/ha pour l'élevage de vaches laitières ou de porcs (J. L. Peyraud et al., 2012), soit un équilibre de -84kg N/ha. Ici, la moyenne de ce bilan azoté est de 2,6 kg N/ha, la médiane est de 1,7 kg N/ha avec un minimum à -27,6kg N/ha (soit 27,6 kg N/ha de fuites dans l'environnement) et un maximum à 40 kg N/ha (soit 40 kg N/ha non rendus au sol), en gardant à l'esprit que la fixation de l'azote de l'air n'est pas pris en compte dans l'étude. Les exploitations enquêtées sont donc très proches de l'équilibre azotées, excepté pour 4 valeurs extrêmes (Annexe 18). De même, un résultat a été peu abordé mais est intéressant à discuter : l'absence de variabilité dans la couverture des sols en hiver avec une moyenne de 0,01ha de sol resté nu pendant l'hiver et une médiane à 0. Cet indicateur n'a pas été pris en compte dans l'ACP car il n'aurait pas permis de discriminer les fermes, mais il reste important de remarquer que la totalité des fermes ne laissait pas leur sol nu en hiver. Il s'agit d'une caractéristique importante dans le cadre de la durabilité vis-à-vis de la conservation de la ressource. En France, en 2011, 20% de la surface de grandes cultures était nus pendant l'hiver (Agreste, 2014) avec une grande proportion de terres non couvertes dans le sud-ouest (Figure 22). Les exploitations de PCPE enquêtées sont donc très performantes en termes de conservation de la ressource (équilibre de l'azote et sol couvert pendant l'hiver).

### Surfaces restant nues en hiver

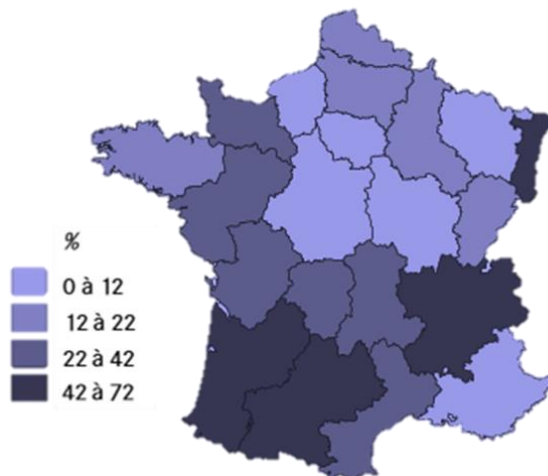


Figure 22 : Part de la surface agricole utilisée en grandes cultures restant nue pendant l'hiver en France métropolitaine dans les différentes régions. D'après (Agreste, 2014)

La productivité moyenne par travailleur des exploitations enquêtées était en moyenne de 561,3kg N/UTH avec une médiane à 297 kg N/UTH. A titre de comparaison, en France en 2010, la productivité par travailleur dans les exploitations spécialisées en bovins viande était d'environ 27000 kg de viande (Charroin, Veysset, & Devienne, 2012), soit 648 kg N/UTH (avec 24kg N dans 1 tonnes de viande (Idèle, 1999)).

Les 4 groupes se différenciaient fortement sur le revenu par associé qui allait de 1800€ par an à 22727€ par an. Le revenu moyen et médian étaient aux environ de 11000€/an, ce qui est en dessous du SMIC net (environ 15000€/ans). Dans le milieu de l'agriculture, le revenu moyen tout secteur confondu est de 25500€ par an en 2013. Cette valeur est très variable en fonction de la production : en 2013 en polyculture et/ou



polyélevage, le revenu moyen par an est de 21000€, il est de 22800€ par an pour l'élevage hors sol (André, 2015). Pour tous les types d'élevage spécialisé, le revenu moyen par actif non salarié est supérieur à la moyenne observée dans cette étude. Si les exploitations de PCPE étudiées ici se placent très bien au niveau national sur le plan de la conservation de la ressource, et ont une productivité du même ordre de grandeur que des exploitations spécialisées, ces exploitations ne permettent aux éleveurs de se dégager qu'un revenu très faible. Néanmoins, il reste important de noter que la totalité des agriculteurs interrogés sont satisfaits (score de 3/4) voire très satisfaits (score de 4/4) de leur travail au sein de leur exploitation. Cet épanouissement dans le travail est un paramètre primordial et cette satisfaction est un résultat important.

## 6.2. Discussion sur la méthode

### 6.2.1. Collecte de données

L'évaluation de la durabilité des fermes de PCPE dans le projet MIX-ENABLE se base sur des enquêtes auprès d'agriculteurs. Il s'agit ici d'un point fort de l'étude puisqu'elle se base sur des exploitations en activité et sur le ressenti d'agriculteur. Cette méthode offre une vision systémique des exploitations diversifiées et permet de comprendre leur fonctionnement dans leur environnement.

Cette approche reste complexe dans son application et la méthode pourra être améliorée. De nombreux indicateurs se basaient sur la perception des éleveurs, comme le bien-être des animaux d'élevage, la charge de travail, la difficulté physique et mentale du travail. Ce point constitue à la fois un point fort et un point faible du projet. D'une part, l'agriculteur est celui qui connaît le mieux son exploitation, et son avis pourrait s'avérer parfois plus pertinent que des mesures objectives. Néanmoins, les avis donnés dépendent fortement de l'interlocuteur et du moment de la collecte de la donnée : par exemple, l'âge de l'exploitant a souvent influencé sa réponse pour la difficulté physique du travail. La charge de travail, elle, pouvait dépendre de moment de la journée ou de l'année durant lequel l'enquête était effectuée. Ce point peut être positif, puisque la vision que l'agriculteur a de sa charge de travail est primordial, mais peut compromettre la robustesse des données de score puisque les enquêtes se sont déroulées à des périodes différentes de l'année ou de la journée. Le bien-être animal est une problématique sociétale de plus en plus importante, mais a pourtant été peu représentée dans cette étude. Cela s'explique par la complexité de sa mesure et par le grand nombre d'informations à récolter parallèlement. Ce nombre important de données à collecter a pu, dans certains cas, nuire à la précision des données récoltées. Ce projet constitue donc une première analyse sur le sujet très intéressante, et une voie d'approfondissement certaine. Une option pour préciser les informations récoltées et les analyses serait de créer un réseau de polyéleveurs qu'il serait possible de suivre dans leurs pratiques et leur évolution, permettant d'affiner la collecte de données. La récolte de données par différents partenaires a permis d'enquêter un plus grand nombre de fermes. Toutefois, ce paramètre a donné lieu à des différences dans la collecte pour certaines données. Il pourrait être envisageable, pour une future étude sur le sujet, d'organiser une journée de formation permettant d'homogénéiser la collecte des données par tous les partenaires.

### 6.2.2. Analyse de données

L'analyse statistique s'est effectuée sur 31 individus pour 40 indicateurs prévus. Ce faible rapport individus/variables, du au caractère exploratoire de cette analyse, a nécessité la suppression d'indicateurs pour cette étude, ce qui a entraîné un déséquilibre entre les différentes dimensions de la durabilité : certaines étaient représentées par un seul indicateur et d'autres par 4. Néanmoins, cette différence de représentations des dimensions ne s'est pas retrouvée dans les résultats : sur les 8 dimensions, 6 comprenaient au moins un indicateur ayant participé fortement à la formation d'une composante. Sur ces 6 dimensions, certaines étaient représentées par 1 indicateur (conservation de la ressource, productivité), d'autres par 2 indicateurs (profitabilité, bien-être animal), 3 indicateurs (efficacité dans l'utilisation de la ressource) ou encore 4 indicateurs (bien-être humain). Seules la résilience (représentée par 2 indicateurs) et l'autonomie (représentée par 1 indicateur) n'ont pas participé à la formation de composantes. Il serait toutefois intéressant, pour la suite du projet, d'inclure un plus grand nombre d'indicateurs afin que toutes

les dimensions soient représentées de manière égale. Cela sera rendu possible par le plus grand nombre de fermes étudiées (environ 140).

Le rapport individus/variables utilisé ici pour les analyses a finalement été de 31/16. Il s'agit d'un rapport assez faible pour une ACP, et cela implique de prendre les résultats avec précaution. Pour la suite du projet, à l'échelle européenne le ratio sera plus important, ce qui augmentera la puissance de l'analyse.

### 6.3. Une base pour de futures analyses

Quatre groupes se sont différenciés en fonction de leur profil de durabilité et il a été possible de les caractériser. Il serait désormais possible de lier ces profils de durabilité avec les pratiques des éleveurs afin d'analyser quelles pratiques sont source de durabilité, et sur quelles dimensions. Il sera notamment possible de lier la durabilité des exploitations avec leur intégration. Il a été montré que des systèmes intégrés en polyculture élevage apportaient de l'autonomie au système (au niveau alimentaire et de fertilisation), diminuaient les coûts de production et augmentaient l'efficacité de l'exploitation, en termes de production et d'impact sur l'environnement (Bonaudo et al., 2014). Il peut alors être fait l'hypothèse que l'intégration des exploitations de PCPE est également source de durabilité. Pour cela, il faudra comparer les profils de durabilité des fermes étudiées avec leurs niveaux d'intégration de production (culture-élevage, prairie-élevage et élevage-élevage), de travail et de commercialisation. L'intégration élevage-élevage sera particulièrement intéressante afin de faire ressortir les avantages et les inconvénients de l'élevage mixte et de le mettre en perspective avec des résultats sur des fermes en polyculture élevage.

Il aurait également été intéressant, pour mettre en avant les caractéristiques de durabilité des exploitations de PCPE, d'intégrer à l'étude des exploitations de polyculture-élevage ou des élevages spécialisés dans des situations et des contextes identiques, afin de comparer leurs profils de durabilité. Il s'agit ici de la principale limite de la méthode : il s'agit d'une comparaison entre systèmes diversifiés et non d'une comparaison entre système diversifié et spécialisé. Cette comparaison avec des systèmes spécialisés est rendue impossible par le fait que l'étude se base sur des enquêtes auprès d'agriculteurs dans des exploitations, et non en système expérimentale. Les exploitations ont donc des structures ainsi qu'un contexte pédoclimatique et social propre. Cette comparaison entre système spécialisé et diversifié sera effectuée dans le projet MIX-ENABLE en ferme expérimentale, ainsi que dans des exploitations du centre de la France, ce qui apportera un début de réponse. Cette comparaison aura une place primordiale dans le projet afin d'étudier les avantages de la diversification en élevage au vu de la durabilité.

Seules les fermes certifiées en AB sont étudiées dans le projet MIX-ENABLE. Afin de comprendre l'importance de la liaison entre diversification en élevage et agriculture biologique, des études complémentaires seraient intéressantes. Une comparaison entre fermes de PCPE certifiées et fermes de PCPE non certifiées permettrait d'identifier les avantages et les désavantages de la bio dans ce type d'exploitation. Il serait alors possible de distinguer pour quel profil d'exploitations de PCPE une conversion serait avantageuse. Par exemple, des exploitations mixtes conventionnelles utilisant des bâtiments d'élevage (porcs ou volailles par exemple) auraient probablement peu d'intérêts à se convertir considérant les investissements nécessaires pour mettre les bâtiments aux normes de l'AB. A l'inverse, une étude comparant des exploitations en AB de PCPE et des exploitations en AB spécialisées permettrait de mettre en valeur explicitement les avantages conférés par l'élevage mixte (autonomie, diminution des coûts de production par exemple), ainsi que les limites de ce type de production, dans le cadre d'exploitations en AB.

Le travail de mon stage constitue donc une étude exploratoire dans le cadre du projet MIX-ENABLE, mais ouvre également des portes dans d'autres types de recherches. Dans le court terme, ce sera le lien entre la durabilité des exploitations étudiées et les pratiques d'élevage qui pourra être effectué.

## Bibliographie

- Agence Bio. (2018). *L'agriculture biologique, un accélérateur économique, à la résonance sociale et sociétale*.
- Agence Bio. (2019). Dossier de presse de l'agence bio - Un ancrage dans les territoires et une croissance soutenue.
- Agreste. (2014). Structures et moyens de production agricoles. *GraphAgri*, 32-35.
- Agreste. (2015). Exploitations dimension économique et spécialisation. *GraphAgri*, 19-21.
- Agreste - ministère de l'agriculture française. (2010). Recensement agricole.
- Altieri, M. A. (2002). Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1), 1-24.
- Anderson, D. M., Fredrickson, E. L., & Estell, R. E. (2012). Managing livestock using animal behavior: mixed-species stocking and flerds\*. *animal*, 6(8), 1339-1349.
- André, R. (2015, juillet 3). Combien gagnent réellement les agriculteurs français? *Le figaro*.
- Association de la race blonde d'Aquitaine. (s. d.). Les qualités bouchères de la blonde d'aquitaine. Consulté juillet 1, 2019, à l'adresse <http://www.blonde-aquitaine.fr/site-upra--fr-/la-blonde-d-aquitaine/ses-qualites-boucheres/ses-qualites-boucheres-328.aspx>
- Association de la race charolaise. (s. d.). Les performances de la race Charolaise. *Herd Book Charolais*. Consulté juillet 1, 2019, à l'adresse <https://charolaise.fr/la-charolaise/les-performances-de-la-race-charolaise/>
- Bell, L. W., Moore, A. D., & Kirkegaard, J. A. (2014). Evolution in crop–livestock integration systems that improve farm productivity and environmental performance in Australia. *European Journal of Agronomy*, Integrated crop-livestock, 57, 10-20.
- Benton, T. G., Vickery, J. A., & Wilson, J. D. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution*, 18(4), 182-188.
- Berthereau, J. (2018). Le mouvement végane gagne du terrain. *Les Echos*.
- Bézat, C., Qenu, H., & Martin, G. (2016, août 12). Diversification des assolements – Dictionnaire d'agro-écologie. Consulté mai 13, 2019, à l'adresse <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/diversification-des-assolements/>
- Bojkovski, D., Štuhec, I., Kompan, D., & Zupan, M. (2014). The behavior of sheep and goats co-grazing on pasture with different types of vegetation in the karst region. *Journal of Animal Science*, 92(6), 2752-2758.
- Bonaudo, T., Bendahan, A. B., Sabatier, R., Ryschawy, J., Bellon, S., Leger, F., Magda, D., et al. (2014). Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems. *European Journal of Agronomy*, Integrated crop-livestock, 57, 43-51.
- Boone, L., Van linden, V., De Meester, S., Vandecasteele, B., Muylle, H., Roldán-Ruiz, I., Nemecek, T., et al. (2016). Environmental life cycle assessment of grain maize production: An analysis of factors causing variability. *Science of The Total Environment*, 553, 551-564.
- Castaing, J., Cazaux, J.-G., Lacoste, A., Garnier, J.-P., & Peyhorgue, A. (2002). Comparaison des produits issus de trois types génétiques de porcs charcutiers dans une démarche de production « jambon de Bayonne ». *Journée de la Recherche porcine*.
- Cerutti, A. K., Beccaro, G. L., Bruun, S., Bosco, S., Donno, D., Notarnicola, B., & Bounous, G. (2014). Life cycle assessment application in the fruit sector: State of the art and recommendations for environmental declarations of fruit products. *Journal of Cleaner Production*, Towards eco-efficient agriculture and

food systems: Selected papers from the Life Cycle Assessment (LCA) Food Conference, 2012, in Saint Malo, France, 73, 125-135.

- Chambre d'agriculture de Bretagne. (2005). Finition des vaches de réforme Prim'holstein, 2.
- Chambre d'agriculture des Pays de la Loire. (2010). Valeur nutritive de l'épeautre pour les ruminants.
- Chambre d'agriculture d'occitanie. (2012, septembre). Les engrais organiques - Fiche 18.
- Chambre d'agriculture d'occitanie. (2018). Teneur en azote et coefficient d'équivalence des principales matières organiques du Sud-Ouest.
- Chambre d'agriculture du Lot-et-Garonne. (2018). Œufs en agriculture biologique Zoom sur une exploitation, 8.
- Chambres d'agriculture. (2016). Volatilité des matières premières agricoles : le nécessaire retour de l'interventionnisme ? *Analyses et perspectives - économie agricole*.
- Charroin, T., Veysset, P., & Devienne, S. (2012). Productivité du travail et économie en élevages d'herbivores : définition des concepts, analyse et enjeux, 18.
- Chavent, M. (2013). *Analyse en composantes principales*. Université de Bordeaux.
- Chavent, M. (2014). *Analyse en composantes multiples*. Université de Bordeaux.
- Collectif des races des Massifs. (s. d.). Races ovines allaitantes du Languedoc Roussillon : Rouge du Roussillon. Consulté juillet 3, 2019a, à l'adresse <https://www.races-montagnes.com/fr/races/raiole/rouge-du-roussillon.php>
- Collectif des races des Massifs. (s. d.). Ovin Lacaune. Consulté juillet 3, 2019b, à l'adresse <https://www.races-montagnes.com/fr/races/lacaune.php>
- Conseil de la FAO. (1989). Sustainability Pathways: Évaluations de la durabilité (SAFA). Consulté juin 19, 2019, à l'adresse <http://www.fao.org/nr/sustainability/sustainability-assessments-safa/fr/>
- Consommation de carburant des voitures France 2004-2017 | Statistique. (s. d.). *Statista*. Consulté juin 12, 2019, à l'adresse <https://fr.statista.com/statistiques/486554/consommation-de-carburant-moyenne-voiture-france/>
- Conversion des unités d'énergie. (s. d.). . Consulté juillet 2, 2019, à l'adresse <https://calculis.net/conversion/energie>
- Cordier, J., Erhel, A., Pindard, A., & Courleux, F. (2008). La gestion des risques en agriculture de la théorie à la mise en oeuvre: éléments de réflexion pour l'action publique, 40.
- Coulon, J. B., Roybin, D., Congy, E., & Garret, A. (1988). Composition chimique et temps de coagulation du lait de vache, 12.
- Cuchillo-Hilario, M., Wrage-Mönnig, N., & Isselstein, J. (2018). Forage selectivity by cattle and sheep co-grazing swards differing in plant species diversity. *Grass and Forage Science*, 73(2), 320-329.
- D'Alexis, S., Sauvart, D., & Boval, M. (2014). Mixed grazing systems of sheep and cattle to improve liveweight gain: a quantitative review. *The Journal of Agricultural Science*, 152(4), 655-666.
- De Olde, E., Moller, H., Marchand, F., Mcdowell, R., J. MacLeod, C., Sautier, M., Halloy, S., et al. (2016). When experts disagree: the need to rethink indicator selection for assessing sustainability of agriculture. *Environment, Development and Sustainability*.
- De Olde, E., Sautier, M., & Whitehead, J. (2018). Comprehensiveness or implementation: Challenges in translating farm-level sustainability assessments into action for sustainable development. *Ecological Indicators*, 85, 1107-1112.

- De Oliveira, L., Coroller, M., Perrin, A., & Martin, G. (2019, avril 11). Résilience des systèmes agricoles – Dictionnaire d'agro-écologie. Consulté avril 30, 2019, à l'adresse <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/resilience-des-systemes-agricoles/?highlight=r%C3%A9silience>
- Decruyenaere, V., Hennart, S., & Stilmant, D. (2007). Environmental impact of sheep-cattle association under grazing. *Permanent and temporary grassland: plant, environment and economy. Proceedings of the 14th Symposium of the European Grassland Federation, Ghent, Belgium, 3-5 September 2007*, 279-282.
- Dragulescu, Adrian. A., & Arendt, C. (2018). *Package xlsx*. R, .
- Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M., & Tichit, M. (2013). Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *animal*, 7(6), 1028-1043.
- Energie libérée par une combustion. (s. d.). . Consulté juillet 2, 2019, à l'adresse <http://gric.univ-lyon2.fr/gric3/decouverte/enseignement/Chimie/combustion/Combustion.html>
- FAO. (2014). SAFA (Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems) Tool: User Manual Version 2.2.40, 30.
- FAO. (s. d.). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine - Laits d'animaux laitiers. Consulté juin 12, 2019, à l'adresse <http://www.fao.org/3/t4280f/T4280F04.htm>
- FNCC. (2005). COOP aujourd'hui - Notre vision des grandes mutations de la distribution - Bulletin de la Fédération Nationale des Coopératives de Consommateurs, (4).
- FRAB Midi Pyrénées. (2011, décembre). AB sans intrant, sécuriser son système en réduisant ses charges.
- France génétique Elevage. (s. d.). Race à viande - Limousine. Consulté août 21, 2019a, à l'adresse <http://fr.france-genetique-elevage.org/Limousine.html>
- France génétique Elevage. (s. d.). Les races à viande françaises - Aubrac. Consulté juillet 1, 2019b, à l'adresse <http://fr.france-genetique-elevage.org/Aubrac.html>
- France génétique élevage. (s. d.). Races bovines à viande - Salers. Consulté juillet 4, 2019, à l'adresse <http://fr.france-genetique-elevage.org/Salers.html>
- François, R., Henry, L., & Müller, K. (2019). *Package dplyr*. R, .
- Fraser, M. D., & Rosa García, R. (2018). Mixed-species grazing management to improve sustainability and biodiversity, 37(1), 247-257.
- Gohin, A. (2011). *Les sources d'instabilité des marchés agricoles : état des lieux, avancées possibles et limites méthodologiques de leur modélisation*.
- Griffon, M. (2013). Vers une septième révolution agricole. *Revue Projet*, N° 332(1), 11-19.
- Guibet, J.-C. (1997). *Carburants et moteurs* (Technip., Vol. 1). Institut français du pétrole.
- Hannaway, D., Fransen, S., Cropper, J., Teel, M., Chaney, M., Griggs, T., R. Halse, R., et al. (1999). Perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.).
- Hazard, L., Monteil, C., Duru, M., Boudessac, L., Justes, E., & Theau, J.-P. (2016, août 17). Agroécologie – Dictionnaire d'agro-écologie. Consulté avril 30, 2019, à l'adresse <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/agroecologie/>
- Hendrickson, J. R., Hanson, J. D., L. Tanaka, D., & Sassenrath, G. (2008). Principles of integrated agricultural systems: Introduction to processes and definition. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23.
- Hénin, F. (2011, avril 26). Charges de mécanisation La consommation de fuel des tracteurs passée au crible. *Web-agri*. Consulté juillet 2, 2019, à l'adresse <http://www.web-agri.fr/machinisme-batiment/tracteur-manutention-transport/article/mecanisation-charges-tracteur-1151-69723.html>

- Hérault, B., & Rosenwald, F. (2012, août). La diversification des assolements en France : intérêts, freins et enjeux. Ministère de l'agriculture et de l'agroalimentaire et de la forêt.
- Hérault, B., & Sédillot, B. (2013, juillet). L'agroécologie : des définitions variées, des principes communs. Ministère de l'agriculture et de l'agroalimentaire et de la forêt.
- Idèle. (1999). Le bilan des minéraux, le cahier de l'éleveur.
- Idèle. (2013). La durabilité des élevages bovins viande. *idele.fr*. Consulté mai 20, 2019, à l'adresse <http://idele.fr/rss/publication/idelesolr/recommends/la-durabilite-des-elevages-bovins-viande.html>
- Idèle. (2017). Référentiel technico-économique ovin viande.
- IFIP. (2002). Performances de croissance, carcasse et qualité de viande de 4 races locales, 25, 11.
- IFIP. (2004). Comparaison des performances de porcs abattus à 110kg ou au-delà de 140 kg.
- inosys réseaux d'élevage, & Idèle. (s. d.). Dans le Rhône, innover avec des chevreaux de boucherie élevés sous la mère.
- INRA. (2010). Alimentation des bovins, ovins et caprins - Besoins des animaux, valeurs des aliments - Tables INRA 2007 mise à jour 2010. Quae.
- INRA - CIRAD - AFZ. (s. d.). Profils de paramètre | Tables de composition et de valeur nutritionnelle des aliments pour animaux INRA CIRAD AFZ. Consulté juin 12, 2019, à l'adresse [https://feedtables.com/fr/content/table-parameter-profile?parameter\\_pr\\_id=12664&field\\_feed\\_category\\_target\\_id=All&field\\_value\\_as\\_fed\\_value\\_op=%3E%3D&field\\_value\\_as\\_fed\\_value%5Bvalue%5D=&field\\_value\\_as\\_fed\\_value%5Bmin%5D=&field\\_value\\_as\\_fed\\_value%5Bmax%5D=&field\\_value\\_on\\_dm\\_value\\_op=%3E%3D&field\\_value\\_on\\_dm\\_value%5Bvalue%5D=&field\\_value\\_on\\_dm\\_value%5Bmin%5D=&field\\_value\\_on\\_dm\\_value%5Bmax%5D=&field\\_value\\_other\\_basis\\_value\\_op=%3E%3D&field\\_value\\_other\\_basis\\_value%5Bvalue%5D=&field\\_value\\_other\\_basis\\_value%5Bmin%5D=&field\\_value\\_other\\_basis\\_value%5Bmax%5D=&sort\\_by=title\\_field\\_value&sort\\_order=ASC](https://feedtables.com/fr/content/table-parameter-profile?parameter_pr_id=12664&field_feed_category_target_id=All&field_value_as_fed_value_op=%3E%3D&field_value_as_fed_value%5Bvalue%5D=&field_value_as_fed_value%5Bmin%5D=&field_value_as_fed_value%5Bmax%5D=&field_value_on_dm_value_op=%3E%3D&field_value_on_dm_value%5Bvalue%5D=&field_value_on_dm_value%5Bmin%5D=&field_value_on_dm_value%5Bmax%5D=&field_value_other_basis_value_op=%3E%3D&field_value_other_basis_value%5Bvalue%5D=&field_value_other_basis_value%5Bmin%5D=&field_value_other_basis_value%5Bmax%5D=&sort_by=title_field_value&sort_order=ASC)
- INSEE. (2016). Définition du Développement durable selon l'Insee. Consulté mai 20, 2019, à l'adresse <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1644>
- Jordan, H. E., Phillips, W. A., Morrison, R. D., Doyle, J. J., & McKenzie, K. (1988). A 3-year study of continuous mixed grazing of cattle and sheep: Parasitism of offspring. *International Journal for Parasitology*, 18(6), 779-784.
- KERAZOTE BIO 10-2-2 SAC 20KG. (s. d.). GPS. Consulté juin 12, 2019, à l'adresse <https://provence-agrofournitures.gps.coop/boutique/engrais/kerazote-bio-10-2-2-sac-20kg/>
- König, C. (2016, juin 3). La pollution des eaux en Bretagne : agriculture et algues vertes. *Futura Science*.
- Lamine, C., & Chiffolleau, Y. (2012). Reconnecter agriculture et alimentation dans les territoires : dynamiques et défis. *Pour*, N° 215-216(3), 85-92.
- Larochette, B., & Joan Sanchez-Gonzalez, J. (2015, octobre 9). Cinquante ans de consommation alimentaire : une croissance modérée, mais de profonds changements. *INSEE Première*, (1568).
- Larousse, É. (s. d.). Archive Larousse : Dictionnaire de l'Histoire de France - excommunication, - exode rural. Consulté avril 23, 2019, à l'adresse [http://www.larousse.fr/archives/histoire\\_de\\_france/page/431](http://www.larousse.fr/archives/histoire_de_france/page/431)
- Le Lan, B. (2013). Comparaison bio et conventionnel : une étude nationale « Cedabio », 2.
- Le point vétérinaire. (s. d.). Fiche : mouton ovis aries.
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). *FactoMineR*.

- Lemaire, G. (2014). L'intégration Agriculture-Elevage, un enjeu mondial pour concilier production agricole et environnement. *Innovations agronomiques*, (39), 181-190.
- Litt, J., Fortun-Lamothe, L., & Coutelet, G. (2009). Méthode DIAMON : guide pratique pour l'évaluation de la durabilité des ateliers palmipèdes à foie gras.
- López-Ridaura, S., Masera, O., & Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. the MESMIS framework. *Ecological Indicators*, Hyatt S.I., 2(1), 135-148.
- Manceron, S., Ben-Ari, T., & Dumas, P. (2014). Feeding proteins to livestock: Global land use and food vs. feed competition. *OCL*, 21(4), D408.
- Manneville, V. (2016). *Estimation des flux d'azote associés aux ovins, aux caprins, aux équins et à leurs systèmes fourragers* ( No. Compte rendu 00 16 304 014) (p. 32). Idèle - Département techniques d'élevage et environnement - Service environnement et bâtiments.
- Mariotti, F., Tomé, D., & Mirand, P. P. (2008). Converting Nitrogen into Protein—Beyond 6.25 and Jones' Factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(2), 177-184.
- Martin, G., Steinmetz, L., Blanc, M., & Benoit, M. (2018). Internal report of the mix-enable project.
- Meadows, L. E., & Knowlton, F. F. (2000). Efficacy of guard llamas to reduce canine predation on domestic sheep. *Wildlife Society Bulletin*, 28(3), 614-622.
- Mignolet, C., Schott, C., Benoît, M., & Meynard, J.-M. (s. d.). Transformations des systèmes de production et des systèmes de culture du bassin de la Seine depuis les années 1970 : une spécialisation des territoires aux conséquences environnementales majeures. *Innavations agronomiques*.
- Mijatović, D., Meldrum, G., & Robitaille, R. (2019). *Diversification for climate change resilience: Participatory assessment of opportunities for diversifying agroecosystems*. Bioersivity International; Platform for Agrobiodiversity Research.
- Mischler, P. (2019, mai 24). *Coupler des cultures et élevages, une force pour accroître l'autonomie des exploitations ?* Présenté à Séminaire sur la polyculture-élevage en occitanie.
- Mischler, P., Guilbert, C., Durant, D., & Martel, G. (2017). *Des interactions élevées entre animal et végétal améliorent les performances économiques et environnementales des exploitations en polyculture-élevage de ruminants*. Colloque présenté à Les polycultures –élevages Valoriser leurs atouts pour la transition agro-écologique, AgroSup Dijon.
- Mischler, P., & Martin, G. (2019, avril 10). *MIX-ENABLE: Desktop analysis of specialized and mixed organic livestock farms*. Présenté à MIX-ENABLE annual meeting, Darmstadt.
- Mollier, P. (2017, février 20). Quelques idées fausses sur la viande et l'élevage. Consulté juin 18, 2019, à l'adresse <http://www.inra.fr%2FChercheurs-etudiants%2FSystemes-agricoles%2FTous-les-dossiers%2FFausse-viande-ou-vrai-elevage%2FQuelques-idees-fausses-sur-la-viande-et-l-elevage>
- Montbéliarde Association. (s. d.). La valorisation des taureaux performants de l'OS Montbéliarde. Consulté juillet 1, 2019, à l'adresse <https://www.montbeliarde.org/valoriser-les-taurillons.html>
- Nolan, T., & Connolly, J. (1989). Mixed v. mono-grazing by steers and sheep. *Animal Science*, 48(3), 519-533.
- Noury, J.-M., Fourdin, S., & Pauthenet, Y. (2013). *Systèmes d'élevage et changement climatique : perceptions d'éleveurs et stratégies d'adaptation aux aléas*. Journées AFFF.
- de Olde, E. M., Bokkers, E. A. M., & de Boer, I. J. M. (2017). The Choice of the Sustainability Assessment Tool Matters: Differences in Thematic Scope and Assessment Results. *Ecological Economics*, 136, 77-85.
- Pagès, J. (2004). Analyse factorielle de données mixtes. *Revue de statistiques appliquées*, 52(4), 93-111.
- Perrot, C., Caillaud, D., & Chambaut, H. (2013). Économies d'échelle et économies de gamme en production laitière Analyse technico-économique et environnementale des exploitations de polyculture-élevage. *alim'agri*.

- Peyraud, J. L., Cellier, P., Donnars, C., Aarts, F., Beline, F., Bockstaller, C., Bourblanc, M., et al. (2012). Les flux d'azote en élevage de ruminants, 9.
- Peyraud, J.-L., Taboada, M., & Delaby, L. (2014). Integrated crop and livestock systems in Western Europe and South America: A review. *European Journal of Agronomy*, 57, 31-42.
- Rémond, D., & Walrand, S. (2017). Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovations Agronomiques*, 60, np.
- Rocha, R. A., Bresciani, K. D. S., Barros, T. F. M., Fernandes, L. H., Silva, M. B., & Amarante, A. F. T. (2008). Sheep and cattle grazing alternately: Nematode parasitism and pasture decontamination. *Small Ruminant Research*, 75(2), 135-143.
- Schott, C., Puech, T., Picaud, C., & Mignolet, C. (2017). Dynamiques passées des systèmes agricoles en France : une spécialisation des exploitations et des territoires permise par un usage accru des intrants de synthèse au détriment des formes de polycultures-élevages.
- Sneessens, I. (2016). La complémentarité entre culture et élevage permet-elle d'améliorer la durabilité des systèmes de production agricole? Approche par modélisation appliquée aux systèmes de polyculture-élevage ovin allaitant, 168.
- Stark, F., Fanchone, A., Semjen, I., Moulin, C.-H., & Archimède, H. (2016). Crop-livestock integration, from single practice to global functioning in the tropics: Case studies in Guadeloupe. *European Journal of Agronomy*, 80, 9-20.
- Tables gouvernement. (s. d.). Table de composition nutritionnelle des aliments Ciqual. Consulté juin 12, 2019, à l'adresse <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/table-de-composition-nutritionnelle-des-aliments-ciqual/>
- Templ, M., Kowarik, A., Alfons, A., & Prantner, B. (2019). *Package VIM*. R, .
- Terres Univia. (s. d.). Graines oléagineuses - Alimentation animale - Produits/Débouchés -. Consulté juillet 23, 2019, à l'adresse <http://www.terresunivia.fr/produitsdebouches/alimentation-animale/graines-oleagineuses>
- Torres-Acosta, J. F. J., & Hoste, H. (2008). Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Research*, Special Issue: Sheep and Goat Farming: grazing systems of production and development, 77(2), 159-173.
- Van Buuren, S., & Groothuis-Oudshoorn, K. (2019). *Package MICE*. R, .
- Vasseur, C., Joannon, A., Aviron, S., Burel, F., Meynard, J.-M., & Baudry, J. (2013). The cropping systems mosaic: How does the hidden heterogeneity of agricultural landscapes drive arthropod populations? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Landscape ecology and biodiversity in agricultural landscapes, 166, 3-14.
- Weissenberger, J. (2015, février). Organic production and the European Union. European Parliament.
- World resources institute. (2009, juillet). World Greenhouse Gas Emissions in 2005.
- Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., & Mouchet, C. (2008). Assessing farm sustainability with the IDEA method - from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustainable Development*, 16(4), 271-281.
- Zitari, S. (2008). *Etude des valeurs nutritives de certaines ressources alimentaires locales utilisées dans l'alimentation des animaux*. Consulté juillet 23, 2019, à l'adresse [https://www.memoireonline.com/10/10/4031/m\\_Etude-des-valeurs-nutritives-de-certaines-ressources-alimentaires-locales-utilisees-dans-lalimenta6.html](https://www.memoireonline.com/10/10/4031/m_Etude-des-valeurs-nutritives-de-certaines-ressources-alimentaires-locales-utilisees-dans-lalimenta6.html)



## Annexes

Annexe 1 : Guide d'enquête .....	52
Annexe 2 : Rendements carcasses utilisés .....	67
Annexe 3 : Poids des animaux d'élevage.....	67
Annexe 4 : Densité du lait et poids des œufs en AB.....	67
Annexe 5 : Ratios d'azote des produits animaux vendus .....	67
Annexe 6 : Ratios d'azote pour les effluents d'élevage .....	68
Annexe 7 : Ratios d'azote utilisés pour les aliments à destination des animaux d'élevage .....	68
Annexe 8 : Ratios d'azote pour les engrais utilisés .....	69
Annexe 9 : ratio d'azote pour les semences importées .....	69
Annexe 10 : Ratios d'azote pour les produits végétaux vendus.....	70
Annexe 11 : Energie contenue dans les produits animaux vendus .....	70
Annexe 12 : Energie contenue dans les produits végétaux vendus .....	71
Annexe 13 : Valeurs utilisées pour évaluer l'énergie dégagée par les ressources non renouvelables sur les fermes.....	72
Annexe 14 : Apport d'énergie nécessaire pour les animaux d'élevage .....	72
Annexe 15 : Energie contenue dans les intrants alimentaires .....	72
Annexe 16 : Matrice des corrélations.....	73
Annexe 17 : Tableau d'indicateurs utilisés pour l'analyse .....	74
Annexe 18 : Distribution des variables utilisées pour l'analyse .....	75
Annexe 19 : Tableau de contribution des variables pour former les composantes (en %) .....	77
Annexe 20 : Représentation des individus classés par groupe sur les 3 axes .....	78
Annexe 21 : Représentation des individus sur les 3 axes en fonction de leur production (R-R : Ruminant-Ruminant (orange), R-M : Ruminant-Monogastrique (violet)).....	79
Annexe 22 : Représentation des individus sur les 3 axes en fonction de leur localisation (C : INRA Clermont-Ferrand (orange), M : INRA de Montpellier (violet), T : INRA de Toulouse (vert)).....	80



## Information Générales

<b>N° de la ferme</b>			Date : / /		<b>cellules avec fond gris</b> : l'information doit être collectée avant l'entretien.	
<b>Nom de la ferme</b>						
<b>Nom des exploitants</b>						
<b>Adresse</b>						
<b>Code postal</b>						
<b>Ville</b>					<b>Pays</b>	
<b>Statut juridique</b>						
<b>Main d'œuvre</b>	Exploitants/associés	Nbe absolu :		UTH :		<i>Préciser si les exploitants ont un emploi en dehors de l'exploitaation (et préciser la durée en équivalent temps plein) :</i>
	Salariés	Nbe absolu :		UTH :		
	Bénévoles	Nbe absolu :		UTH :		
	Total MO	Total nbe absolu :		Total UTH :		
<b>Surface (ha)</b>	<u>SAU</u> :		<u>Ha irriguable</u> :		<u>Ha ilabourable</u> :	
	<u>Ha parcours</u> :		<u>Ha bordures de fôrets</u> :			
<b>Types * de production</b>	<b>Atelier 1 :</b>		<b>Atelier 2 :</b>		<b>Atelier 3 :</b>	
<b>Production énergétique</b>	NON		OUI		<i>Commentaires: Préciser les produits transformés ici :</i>	
<b>Transformation à la ferme des produit</b>	NON		OUI			
<b>Vente directe à la ferme</b>	NON		OUI			
<b>Entreprise de travaux agricoles (ETA)</b>	NON		OUI			
<b>Agrotourisme</b>	Aucun	Gîtes	Tables et/ou chambre d'hôtes	Ferme pédagogique	Autre :	
<b>Autre activité de diversification</b>	Détails :					
<b>Zone environnementale</b>	Nord-Alpine	Sud-Alpine	Nord-Atlantique	Continentale	Autres :	
<b>Contraintes</b>	Distance entre les 2 parcelles les plus éloignées :					<i>Commentaires :</i>

\* Type : vaches laitières, vaches allaitantes, brebis laitières, brebis allaitantes, chèvres, porcs (engraissement, naisseurs), poules pondeuses, poulets de chair ...

## Historique de la ferme

Pour les exploitants ou associés	Exploitant/Associé 1 :	Exploitant/Associé 2 :	Exploitant/Associé 3 :	Exploitant/Associé 4 :	Exploitant/Associé 5 :											
Année d'installation																
Hors cadre familial (O/N)																
Année d'expérience en agriculture (avant installation)	0 à 5	5 à 10	10 à 15	> 15	0 à 5	5 à 10	10 à 15	> 15	0 à 5	5 à 10	10 à 15	> 15	0 à 5	5 à 10	10 à 15	> 15
Année début de la conversion totale la ferme																
Principaux événements survenus sur la ferme (décision pour commencer une nouvelle production, agrandissement, nouveaux associés...). <u>Raisons expliquant la conversion à l'AB</u>																
Début des différents ateliers			Rôles/objectifs attendus (valorisation des co-produits, profit, amélioration santé des animaux, occupation durant une période avec faible charge de travail...)													
Ateliers	Type *	Année														
Atelier 1 :																
Atelier 2 :																
Atelier 3 :																
Autres animaux présents (pour nettoyage parcours, ferme pédagogique...) :																

\* Type : vaches laitières, vaches allaitantes, brebis laitières, brebis allaitantes, chèvres, porcs (engraissement, naisseurs), poules pondeuses, poulets de chair ...

## SWOT : Forces Faiblesses Opportunités Menaces

1) Remplir le SWOT : dans un premier temps concernant tous les aspects de la ferme, dans un second temps concernant la diversification (y compris le polyélevage)  
 Hiérarchiser les réponses des exploitants  
 Les réponses peuvent être sur tous les aspects : compétences, risques, gestion de la santé animale, situation personnelle, marché local, etc.).  
 2) Eventuellement compléter cette partie à la fin de l'entretien avec le(s) exploitant(s).  
UTILISER DES COULEURS DIFFERENTES SI PLUSIEURS EXPLOITANTS VEULENT REMPLIR LE SWOT.

Forces		Faiblesses	
Général (sur la ferme)	Spécifique à la diversité de production	Général (sur la ferme)	Spécifique à la diversité de production
Opportunités		Menaces	
Général (sur la ferme)	Spécifique à la diversité de production	Général (sur la ferme)	Spécifique à la diversité de production

## Effectif des animaux (Effectif annuel moyen pour animaux présents toute l'année; effectif total sur l'année pour les autres ex : porcs, volailles...)

BOVINS	Lait (nb)	Viande (nb)	Race(s)	Poids moyen (kg)	Têtes achetées / an
Vaches					
Génisses de renouvel. 1 an					
Génisses de renouvel. 2 an					
Génisses engrais. 1 an					
Génisses engrais. 2 ans					
Mâles de 1 an					
Mâles de 2 ans					
Mâles de 3 ans et +					
Taureaux					
Veaux (+ de 6 mois)					
Autres :					
OVINS	Lait (nb)	Viande (nb)	Race(s)	Poids moyen (kg)	Têtes achetées / an
Brebis					
Agnelles de renouvel.					
Agneaux (yc pour repro)					
Bélier					
CAPRINS	Lait (nb)	Viande (nb)	Race(s)	Poids moyen (kg)	Têtes achetées / an
Chèvres					
Chevrettes de renouvel.					
Jeunes animal engrais.					
Boucs					

PORCINS	Nb Total	Nb bandes / an	Nb an/bande	Race(s)	Poids moyen (kg)	Têtes achetées / an
Truies						
Cochettes						
Porcelets						
Porcs charcutiers						
Autres :						
VOLAILLES	Nb Total	Nb bandes / an	Nb an/bande	Race(s)	Poids moyen (kg)	Têtes achetées / an
Poules pondeuses						
Poulettes						
Poulets de chair						
Dindes						
Canards						
Pintades						
Autruches						
Animaux de renouvel.						
EQUINS	Nb Trait	Nb Selle	Nb Poney	Race(s)	Poids moyen (kg)	Têtes achetées / an
Juments						
Pouliches						
Etalons						
Poulins						
Ânes						
AUTRES (lapins, cailles, alpagas...)	Nb Total	Nb bandes / an	Nb an/bande	Race(s)	Poids moyen (kg)	Têtes achetées / an

\* si un animal est vendu en milieu d'année, il compte pour 0.5 animal

## Utilisation des bâtiments

Bâtiments	Uniquement pour un atelier (préciser lequel)	Pour plusieurs atelier (Préciser lesquels)		Autre utilisation que pour l'abri des animaux			Fumier et lisier produits		
		Simultanément	Successivement	Oui	Non	Précisions	Type de logement des animaux *	Fumier (M) ou Lisier (S)	Quantité produite (t/an)
Bâtiment 1									
Bâtiment 2									
Bâtiment 3									
Bâtiment 4									
Bâtiment 5									
Bâtiment 6									

\* Aire paillée (SBP) *straw-bedded pen*, Logettes paillées (SBC) *straw-bedded cubicles*, Aire paillée + couloir raclé (SBSA) *straw bedding and scraped alley*, Logettes raclées (SC) *scraped cubicles* and Caillebotis (SIC) *slatted cubicle*

Commentaires :

## Bien-Être Animal

	Mortalité pour 1 an		€ Coûts vétérinaires pour 1 an	Temps passés pour les soins aux animaux (heures/jours)								
				Groupe* 1		Groupe 2		Groupe 3		Groupe 4		
	Nbe d'adultes morts <sup>1</sup>	Nombre de jeunes <sup>2</sup> morts <sup>1</sup>		Composition	Temps (H/jour)	Composition	Temps (H/jour)	Composition	Temps (H/jour)	Composition	Temps (H/jour)	
Atelier 1 :												
Atelier 2 :												
Atelier 3 :												

Nombre de traitement (T) et de Vaccins (V) par maladies					
	Catégories de maladies	Jeunes renouv.	Jeunes engrais.	Mères	Autres adultes
Atelier 1 :	Parasitaires				
	Respiratoires				
	Digestive/métabolique				
	Autres :				
Atelier 2 :	Parasitaires				
	Respiratoires				
	Digestive/métabolique				
	Autres :				
Atelier 3 :	Parasitaires				
	Respiratoires				
	Digestive/métabolique				
	Autres :				

Perception générale du bien-être animal				
	Pas du tout	Faiblement	Satisfait	Très satisfait
Exploitant/A associé 1				
Exploitant/A associé 2				
Exploitant/A associé 3				

1: died or euthanized      2: up to 3 months for ruminants and pigs; up to 6 months for horses

\* Un groupe est défini comme étant des animaux élevés dans des conditions de gestion similaires et peut être constitué de plusieurs sous-groupes, par exemple plusieurs troupeaux de bovins au pâturage dans différents pâturages comptent pour un groupe, et plusieurs animaux (même combinaison d'animaux et de gestion) dans différents pâturages comptent pour un groupe.

Commentaires :

# Pâturation et plan de pâturation

1/3

## Surface (Ha)

<b>Cultures</b>	
Céréales de vente	
Cultures fourragères	
dont Maïs ensilage	
dont Méteil ensilage	
Betteraves fourragères	
dont Autres cultures fourragères (betteraves, céréales pâturées...)	
Autres cultures fourragères	
<b>Prairies (hors parcours)</b>	
Prairies temporaires	
dont En rotation avec les cultures (sur les 6 dernières années)	
dont Avec des légumineuses (mélange)	
Dont Prairies 100% légumineuses (luzerne par ex.)	
Prairies permanentes	
<b>Parcours (sans réelle pâture)</b>	
<b>Vignes</b>	
<b>Vergers</b>	
Arbres fruitiers : .....	
Petits fruits : .....	
<b>Plantes médicinales : .....</b>	
<b>Maraichage : .....</b>	

Description des principales rotations de cultures (recouvrant au minimum 80% de la SAU)					
Rotation 1	Rotation 2	Rotation 3	Rotation 4	Rotation 5	Rotation 6

	BV	BL	OV	OL	CA	Porcs	Volailles
Date entrée animaux en bâtiments en début d'hiver							
Date de sortie des animaux en début de printemps							
Nbe des animaux en pâturage exclusif sur l'année Préciser la catégorie (mères, renouvel...)							

ha pâturés simultanément par 2 espèces	
ha pâturés successivement par 2 espèces ha de prairies seulement récoltées mécaniquement	
T de fumier épandus sur les prairies	
T de lisier épandus sur les prairies	

Atelier	Area grazed (ha)	Type(s) of pasture	Av. nb of animals	Duration of grazing (months)
Atelier 1				
Atelier 2				
Atelier 3				

	Ha 1ère coupe	Ha 2nd coupe	Ha 3ème coupe	Total TMS récolté	Tonnes de matière sèche distribuée à :						
					BV	BL	OV	OL	G	Porcs	Volaille
Foin											
Ensilage d'herbe											
Enrubannage											
Maïs ensilage											
Autre ensilage (préciser)											
Autre ensilage (préciser)											



## Parcelle des cultures (toutes cultures sauf foin, ensilage, enrubannage d'herbe)

Cul. N°	Nom de la culture	Surface	Rdt		Vente		Tonnes semences (ferme)	Tonnes alim. Ax	Ateliers utilisant les cultures (Tonnes/an)						Fertilisation			
			Quantité	Unité	Tonnes vendues	type (huile, grain, farine)			BV	BL	OV	OL	CA	Porcs	Volailles	Surface fertilisée (ha)	Type d'effluents (M pour fumier / S pour Lisier)	Quantité (T/ha)
1	Blé (grain)																	
2	Blé dur (grain)																	
3	Orge (grain)																	
4	Avoine (grain)																	
5	Triticale (grain)																	
6	Seigle (grain)																	
7	Autres céréales (grain)																	
8	Mélanges céréales/protéagineux (grain)																	
9	Tournesol (grain)																	
10	Colza (grain)																	
11	Autres oléagineux (grains)																	
14	Soja																	
15	Pois et feverolle																	
16	Autres légumineuses à graines																	
17	Mais grain																	
18	Sorgho (grain)																	
19	Betterave surcrière																	
20	Pommes de terre																	
21																		
23																		
24																		
25																		
<b>T</b>	<b>TOTAL CULTURES</b>																	

Production de paille									
De quelle culture ?	Surface récoltée	Quantité totale récoltée par an	Répartition entre les ateliers (en Tonnes de Matière Sèche/an)						
			BV	BL	OV	OL	CA	Porcs	Volailles

Surface totale avec effluents sur les 5 dernières années

Commentaires :

## Résidus pâturés

Est-ce que les résidus de cultures sont pâturés ?	Oui	Non
---	-----	-----

N°	Culture où pâturage des résidus	Atelier 1			Atelier 2			Durée pâture
		Atelier	Catégorie (mères, jeunes)	effectif	Atelier	Catégorie (mères, jeunes)	effectif	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								

## Haies / Sol nu

Km de haies et de bordures de forêts *	Ha de sol nu durant l'hiver

\* Calculer sur la carte des parcelles de la PAC

Commentaires :

## Cultures intermédiaires et autres couverts

N°	Espèces semées	Surface	Rendement	% récolté	% enfoui	%paturé	Atelier 1				Atelier 2			
							Atelier	Catégorie (mères, jeunes)	Effectif	Durée pat. *	Atelier	Catégorie (mères, jeunes)	Effectif	Durée pat. *
1														
2														
3														
4														
5														

\* En cas de paturage simultané, remplir une ligne par atelier et préciser la durée de pâturage des 2 ateliers

Commentaires :



## Intrants alimentaires, de fertilisation et énergétiques

Cat. d'intrants	Nom	Quantité achetée pour chaque atelier									TOTAL en € ou €/T
		BV	BL	OV	OL	CA	Porcs	Volailles	Cultures	Prairies	
<b>CONCENTRES</b>											
Complément complet											
Tourteaux											
Céréales											
Drèches											
Autres (pailles, minéraux...)											
<b>FOURRAGES</b>											
<b>FERTILISANTS/ EFFLUENTS</b>											

Consommation d'énergie (et production)		
Gasoil sur la ferme (L)	Km avec voiture privée / an	Heures de tracteur (ETA ou CUMA)

Gaz (kg)	Electricité (Kwh)

Commentaires :

## Co-produits

Nom	De	Quantité (avec unité !)	Destination										
			BV	BL	OV	OL	CA	Porcs	Volailles	Cultures	Prairies	Transformation animale	Transformation végétale

## Données économiques

€ Produit Brut (HT)	€ Total subventions	€ Salaire et charges sociales	€ Fermage	€ Toutes taxes (terre + autres)	€ Amortissements	€ Frais financier	Total charges (somme précédents)

Commentaires :

€ Résultat courant ou résultat exercice	Revenus extérieurs ?		€ Charges de structure	€ Marge brute	€ Emprunts (long, moyen, court termes)	€ Capital de la ferme (hors foncier)	Revenu prélevé par an pour tous les associés <sup>1</sup>			
	Oui *	Non					€ / an			
							<i><u>SCORE</u></i>			
							Très mauvais	Mauvais	Assez bien	Bien

\* Si oui, préciser (dans les commentaires) combien cela représente en temps plein (%) et le type de travail (en lien à l'agriculture ou non)

<sup>1</sup> : fourchette de + ou - 1000 €

Tâches faites uniquement par les exploitants/associés eux-mêmes (non par une autre personne)													
Ppales tâches avec un PIC de travail	Ateliers	J	F	M	A	M	Juin	Juillet	A	S	O	N	D
Période de mise bas 1													
Période de mise bas 2													
Nouvelle bande de monogastriques													
Gros lot d'abattage pour la vente directe													
Gros lot pour abattage (autre que vente directe)													
Travail d'alimentation													
Contention d'animaux													
Déplacement d'animaux au pâturage													
Semis prairies/cultures													
Récoltes des céréales													
Récoltes des fourrages													
Autre récoltes (fruits, légumes...)													
Travail de clôtures													
Transhumance													
Transformation													
Vente directe													
Intensité de la période (score de 1 à 4)													

- 1 : Faible intensité
- 2 : Faible à moyenne intensité
- 3: Moyenne à forte intensité
- 4: Forte intensité

## Bien être des exploitants 2/3

	Questions ouvertes sur le management de ces pics de travail	Nombre de jour réels de repos/an	Nombre de jours souhaités de repos /an	Nombre de formations suivies / an
Exploitant/ Associé 1				
Exploitant/ Associé 2				
Exploitant/ Associé 3				

*Commentaires:*

	Accès aux informations/connaissances extérieures (techniques, économique...)				Principales ressources d'informations	Charge de travail			
	Pas satisfait	Peu satisfait	Satisfait	Très satisfait		Légère	Assez légère	Plutôt élevée, et parfois très élevée	Très élevée et très souvent
Exploitant/ Associé 1									
Exploitant/ Associé 2									
Exploitant/ Associé 3									

## Bien être des exploitants

3/3

	Difficulté du travail (physique)				Complexité du travail (mentalement)				Satisfaction générale du travail				Raisons
	Souvent très dur	Parfois dur	Souvent facile	Très facile	Souvent très complexe	Parfois complexe	Souvent facile	Très facile	Très faible satisfaction	Faible satisfaction	Assez satisfait	Très satisfait	
Exploitant/ Associé 1													
Exploitant/ Associé 2													
Exploitant/ Associé 3													

Commentaires :

	Polyvalence des travailleurs entre ateliers		Exp./Asso 1	Exp./Asso 2	Exp./Asso 3	Exp./Asso 4	Salarié 1	Salarié 2	Bénév.1 :	Bénév.2
	Atelier 1	1	Pas de compétences / Ne gère pas l'atelier							
2		Compétent pour remplacer le gérant								
3		Gérant (travail quotidien)								
4		Superviseur sans travail quotidien								
Atelier 2	1	Pas de compétences / Ne gère pas l'atelier								
	2	Compétent pour remplacer le gérant								
	3	Gérant (travail quotidien)								
	4	Superviseur sans travail quotidien								
Cultures	1	Pas de compétences / Ne gère pas l'atelier								
	2	Compétent pour remplacer le gérant								
	3	Gérant (travail quotidien)								
	4	Superviseur sans travail quotidien								
Prairies Pâturage	1	Pas de compétences / Ne gère pas l'atelier								
	2	Compétent pour remplacer le gérant								
	3	Gérant (travail quotidien)								
	4	Superviseur sans travail quotidien								
Transfor- mation, vente, agrotourisme	1	Pas de compétences / Ne gère pas l'atelier								
	2	Compétent pour remplacer le gérant								
	3	Gérant (travail quotidien)								
	4	Superviseur sans travail quotidien								

Commentaires :



Annexe 2 : Rendements carcasses utilisés

Atelier	Race	Rendement	Source
<b>BL</b>	Prim'holstein	0,45	(Chambre d'agriculture de Bretagne, 2005)
	Montbéliarde	0,56	(Montbéliarde Association, s. d.)
<b>BV</b>	Limousine	0,63	(France génétique Elevage, s. d.)
	Blonde d'Aquitaine	0,65	(Association de la race blonde d'Aquitaine, s. d.)
	Aubrac	0,57	(France génétique Elevage, s. d.)
	Charolaise	0,52	(Association de la race charolaise, s. d.)
	Salers	0,57	(France génétique élevage, s. d.)
<b>Ovins</b>	Toutes races	0,46	(Idèle, 2017)
<b>Caprins</b>	Toutes races	0,55	(inosys réseaux d'élevage & Idèle, s. d.)
<b>Porcs</b>	Bayeux	0,748	(IFIP, 2002)
	Gascon	0,706	(IFIP, 2002)
	Large White	0,785	(IFIP, 2002)
	Duroc	0,793	(Castaing et al., 2002)
	Moyenne	0,765	(IFIP, 2004)

Annexe 3 : Poids des animaux d'élevage

Atelier	Catégorie	Race	Poids (kg)	Source
<b>Ovins</b>	Brebis	Rouge du Roussillon	60 (vif)	(Collectif des races des Massifs, s. d.)
	Brebis	Lacaune	70 (vif)	(Collectif des races des Massifs, s. d.)
	Agneau	Lacaune	18 (carcasse)	(Le point vétérinaire, s. d.)

Annexe 4 : Densité du lait et poids des œufs en AB

Atelier	Produit	Densité / Poids	Source
<b>BL/ovins</b>	Lait	1,031 (SU)	(FAO, s. d.)
<b>Volaille</b>	Œuf	62 g/œuf	(Chambre d'agriculture du Lot-et-Garonne, 2018)

Annexe 5 : Ratios d'azote des produits animaux vendus

Type	Atelier	Produit	Quantité d'N	Unité	Source
<b>Viande</b>	<b>BV</b>	Vache allaitante de réforme	24	<b>Kg/T</b>	(Idèle, 1999)
		Jeune bovin engraisé	24		(Idèle, 1999)
		Bœuf	24		(Idèle, 1999)
	<b>BV/BL</b>	Veau	24		(Idèle, 1999)
	<b>BL</b>	Vache laitière de réforme	24		(Idèle, 1999)
	<b>Ovin</b>	Brebis de réforme	24		(Idèle, 1999)
		Agneau	24		(Idèle, 1999)

	Caprin	Chevreau	24		(Idèle, 1999)
	Porcin	Truie de réforme	24		(Idèle, 1999)
		Porc charcutier	24		(Idèle, 1999)
	Volaille	Poulet de chair	32		(Idèle, 1999)
<b>Lait</b>	BL	Lait liquide	0,0052		(Tables gouvernement, s. d.)
	Ovin	Lait liquide	0,0089		(Tables gouvernement, s. d.)
	Caprin	Lait liquide	0,0053	g/100g	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Œufs</b>	Volaille	Œufs de poule	0,0203		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Autre</b>	Ovin	Laine	0,03		(Chambre d'agriculture d'occitanie, 2012; Manneville, 2016)

Annexe 6 : Ratios d'azote pour les effluents d'élevage

Type	Atelier	Nom	Quantité d'N	Unité	Source
<b>Fumier</b>	Bovin	Fumier très compact litière accumulée	5,8	Kg/T	(Idèle, 1999)
		Fumier compact (logettes paillées)	5		(Idèle, 1999)
		Fumier mou de logettes	5,1		(Idèle, 1999)
	Ovin/caprin	Fumier très compact litière accumulée	5,8		(Idèle, 1999)
	Porcin	Fumier de porc litière accumulée	7,2		(Idèle, 1999)
	Porcin	Fumier de porc litière raclée	9,1		(Idèle, 1999)
	Volaille	Fumier poulets de chair	2,9		(Idèle, 1999)
<b>Lisier</b>	Bovin	Lisier bovin engraissement	5,2	(Idèle, 1999)	
	Bovin	Lisier bovin autre	3,5	(Idèle, 1999)	
	Bovin	Lisier dilué	2,7	(Idèle, 1999)	
	Volaille	Lisier poule pondeuse	6,8	(Idèle, 1999)	

Annexe 7 : Ratios d'azote utilisés pour les aliments à destination des animaux d'élevage

Type	Nom du produit	Quantité d'N	Unité	Source
<b>Fourrage</b>	Foin	13		(Idèle, 1999)
	Foin de légumineuse	24		(Idèle, 1999)
	Luzerne déshydratée	24		(Idèle, 1999)
	Paille	5		(Idèle, 1999)
<b>Concentrés</b>	Concentrés énergétiques	28	Kg/T	(Idèle, 1999)
	Concentrés de production	38,5		(Idèle, 1999)
	Concentrés protéiques	64		(Idèle, 1999)
	Poudre de lait	36		(Idèle, 1999)
	Aliment porc charcutier	27,2		(Idèle, 1999)
	Aliment poulet	35,2		(Idèle, 1999)

	Aliment poules pondeuses	26,4		(Idèle, 1999)
	Blé tendre	15,5		(Idèle, 1999)
	Blé dur	21,9		(Idèle, 1999)
	Orge	13		(Idèle, 1999)
	Maïs	13		(Idèle, 1999)
	Tourteau soja	70		(Idèle, 1999)
	Tourteau colza	56		(Idèle, 1999)
	Pois	32,5		(Idèle, 1999)
	Lupin	555		(Idèle, 1999)
	Triticale	16,5		(Idèle, 1999)
	Seigle	16,6		(Idèle, 1999)
	Sorgho	15,7		(Idèle, 1999)
	Avoine	15,7		(Idèle, 1999)
	Tournesol	34,5		(Idèle, 1999)
	Colza	33,3		(Idèle, 1999)
	Pois	32,5		(Idèle, 1999)
	Féverole hiver	32,9		(Idèle, 1999)
	Féverole printemps	35,5		(Idèle, 1999)
	Soja	56,5		(Idèle, 1999)
	Haricots	36		(Idèle, 1999)

Annexe 8 : Ratios d'azote pour les engrais utilisés

Type	Nom du produit	Quantité d'N	Unité	Source
<b>Azoté</b>	Kérazote	10	g/100g	(« KERAZOTE BIO 10-2-2 SAC 20KG », s. d.)

Annexe 9 : ratio d'azote pour les semences importées

Type	Graine	Part en protéines	Quantité d' N (Protéines / 6.25) (Mariotti et al., 2008)	Unité	Source
<b>Protéagineux</b>	Haricot	0,23	3,7	g/100g	(Rémond & Walrand, 2017)
	Lentilles	0,25	4		(Rémond & Walrand, 2017)
	Pois chiche	0,21	3,4		(Rémond & Walrand, 2017)
	Pois cassé	0,24	3,8		(Rémond & Walrand, 2017)
	Fêve	0,26	4,2		(Rémond & Walrand, 2017)
	Lupin	0,36	5,8		(Rémond & Walrand, 2017)
	Soja	0,37	5,9		(Rémond & Walrand, 2017)
<b>Oléagineux</b>	Colza	0,19	3,0		(Terres Univia, s. d.)
	Tournesol	0,16	2,6		(Terres Univia, s. d.)
	Lin	0,22	3,5		(Terres Univia, s. d.)
<b>Céréales</b>	Blé	0,13	2,1	(INRA - CIRAD - AFZ, s. d.)	
	Maïs	0,08	1,3	(INRA - CIRAD - AFZ, s. d.)	
	Orge	0,1	1,6	(INRA - CIRAD - AFZ, s. d.)	

	Avoine	0,11	1,8	(INRA - CIRAD - AFZ, s. d.)
	Seigle	0,085	1,4	(INRA - CIRAD - AFZ, s. d.)
	Triticale	0,1	1,6	(INRA - CIRAD - AFZ, s. d.)
	Méteil	0,1425	2,3	(INRA - CIRAD - AFZ, s. d.)
<b>Prairies</b>	Luzerne	0,35	5,6	(Tables gouvernement, s. d.)
	ray grass	0,1	1,6	(Hannaway et al., 1999)

Annexe 10 : Ratios d'azote pour les produits végétaux vendus

Nom du produit	Quantité d'N	Unité	Source
<b>Jus de pomme</b>	0,0272	g/100g	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Pomme</b>	0,04		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Châtaigne</b>	0,34		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Huile de colza</b>	0		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Sarrazin</b>	2,064		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Baie</b>	0,178		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Asperge</b>	0,4		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Pomme de terre</b>	0,3		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Graine de lin</b>	3,82		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Chanvre</b>	3,35		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Pain</b>	1,443		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Farine</b>	2		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Blé</b>	2		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Ail</b>	0,93		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Noix</b>	2,7		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Oignon</b>	0,176		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Piment</b>	0,3	(Tables gouvernement, s. d.)	
<b>Foin</b>	15	Kg/T	(Idèle, 1999)
<b>Méteil</b>	22		(Idèle, 1999)
<b>Maïs grain</b>	13		(Idèle, 1999)
<b>Paille</b>	6		(Idèle, 1999)
<b>Lentilles</b>	4	g/100g	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Epeautre</b>	2,5		(Tables gouvernement, s. d.)

Annexe 11 : Energie contenue dans les produits animaux vendus

Type de produit	Atelier	Produit	Energie	Unité	Source
<b>Viande</b>	BV	Vache allaitante de réforme	6,15	MJ par kg de poids vif	(Tables gouvernement, s. d.)
		Jeune bovin engraisé	6,15		(Tables gouvernement, s. d.)
		Bœuf	6,15		(Tables gouvernement, s. d.)
	BV/BL	Veau	5,47		(Tables gouvernement, s. d.)
	BL	Génisse engraisée	6,15		(Tables gouvernement, s. d.)

		Vache laitière de réforme	6,15		(Tables gouvernement, s. d.)
	Ovin	Brebis de réforme	8,11		(Tables gouvernement, s. d.)
		Agneau	7,96		(Tables gouvernement, s. d.)
	Caprin	Chevreau	4,36		(Tables gouvernement, s. d.)
	Porcin	Truie de réforme	7,07		(Tables gouvernement, s. d.)
		Porc charcutier	7,07		(Tables gouvernement, s. d.)
	Volaille	Poulet de chair	5,99		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Lait</b>	BL	Lait liquide	2,73	MJ par Litre	(Tables gouvernement, s. d.)
	Ovin	Lait liquide	4,31		(Tables gouvernement, s. d.)
	Caprin	Lait liquide	2,36		(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Œufs</b>	Volaille	Œufs de poule	5,84	MJ par kg	(Tables gouvernement, s. d.)

Annexe 12 : Energie contenue dans les produits végétaux vendus

Nom du produit	Energie (MJ/kg)	Source
<b>Jus de pomme</b>	1,81	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Pomme</b>	2,26	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Châtaigne</b>	7,93	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Huile de colza</b>	37	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Baie</b>	2,35	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Asperge</b>	1,11	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Pomme de terre</b>	3,25	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Graines de lin</b>	20,3	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Chanvre</b>	25	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Pain</b>	11,8	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Farine</b>	14	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Blé</b>	15,2	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Ail</b>	14	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Noix</b>	28,6	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Oignon</b>	1,64	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Piment</b>	1,88	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Graine de colza</b>	26,8	(INRA - CIRAD - AFZ, s. d.)
<b>Sarrazin</b>	17,1	(INRA - CIRAD - AFZ, s. d.)
<b>Foin</b>	6	(INRA, 2010)
<b>Méteil</b>	8,25	(INRA, 2010)
<b>Maïs grain</b>	9	(INRA - CIRAD - AFZ, s. d.)
<b>Paille</b>	4	(INRA, 2010)
<b>Lentilles</b>	13,8	(Tables gouvernement, s. d.)
<b>Epeautre</b>	14,3	(Tables gouvernement, s. d.)

Annexe 13 : Valeurs utilisées pour évaluer l'énergie dégagée par les ressources non renouvelables sur les fermes

Type	Facteur	Unité	Source
Consommation moyenne d'un tracteur	10	L/h	(Héning, 2011)
Consommation moyenne d'une voiture	0,0731	L/km	(« Consommation de carburant des voitures France 2004-2017   Statistique », s. d.)
Energie dégagée par l'essence	43,8	MJ/L	(Guibet, 1997)
Energie dégagée par le gazole	42,5	MJ/L	(Guibet, 1997)
Energie dégagée par le gaz	56	MJ/kg	(« Energie libérée par une combustion », s. d.)
Energie dégagée par l'électricité	3,6	MJ/kWh	(« Conversion des unités d'énergie », s. d.)

Annexe 14 : Apport d'énergie nécessaire pour les animaux d'élevage

Atelier	Besoin en énergie (UF/UGB)	Source
Tous	3000	(Agreste - ministère de l'agriculture française, 2010)

Annexe 15 : Energie contenue dans les intrants alimentaires

Catégorie	Nom de l'intrant	Energie (UF/kg brut)	Source
<b>Aliments complets</b>	Concentrés	1	(INRA, 2010)
	Poudre de lait	1,15	(INRA, 2010)
<b>Tourteaux</b>	Tourteau de soja	1	(INRA, 2010)
<b>Céréales</b>	Méteil	0,95	(INRA, 2010)
	Orge	0,94	(INRA, 2010)
	Grain de soja	1,27	(INRA, 2010)
	Fibre de céréales	1	(INRA, 2010)
	Maïs	1,06	(INRA, 2010)
	Epeautre	0,82	(Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2010)
<b>Drèches</b>	Drèches de pdt	1	(INRA, 2010)
<b>Autres</b>	Paille	0,4	(INRA, 2010)
<b>Fourrage</b>	Foin	0,7	(INRA, 2010)
	Foin de luzerne	0,6	(INRA, 2010)
	Luzerne déshydratée	0,7	(INRA, 2010)

Annexe 16 : Matrice des corrélations

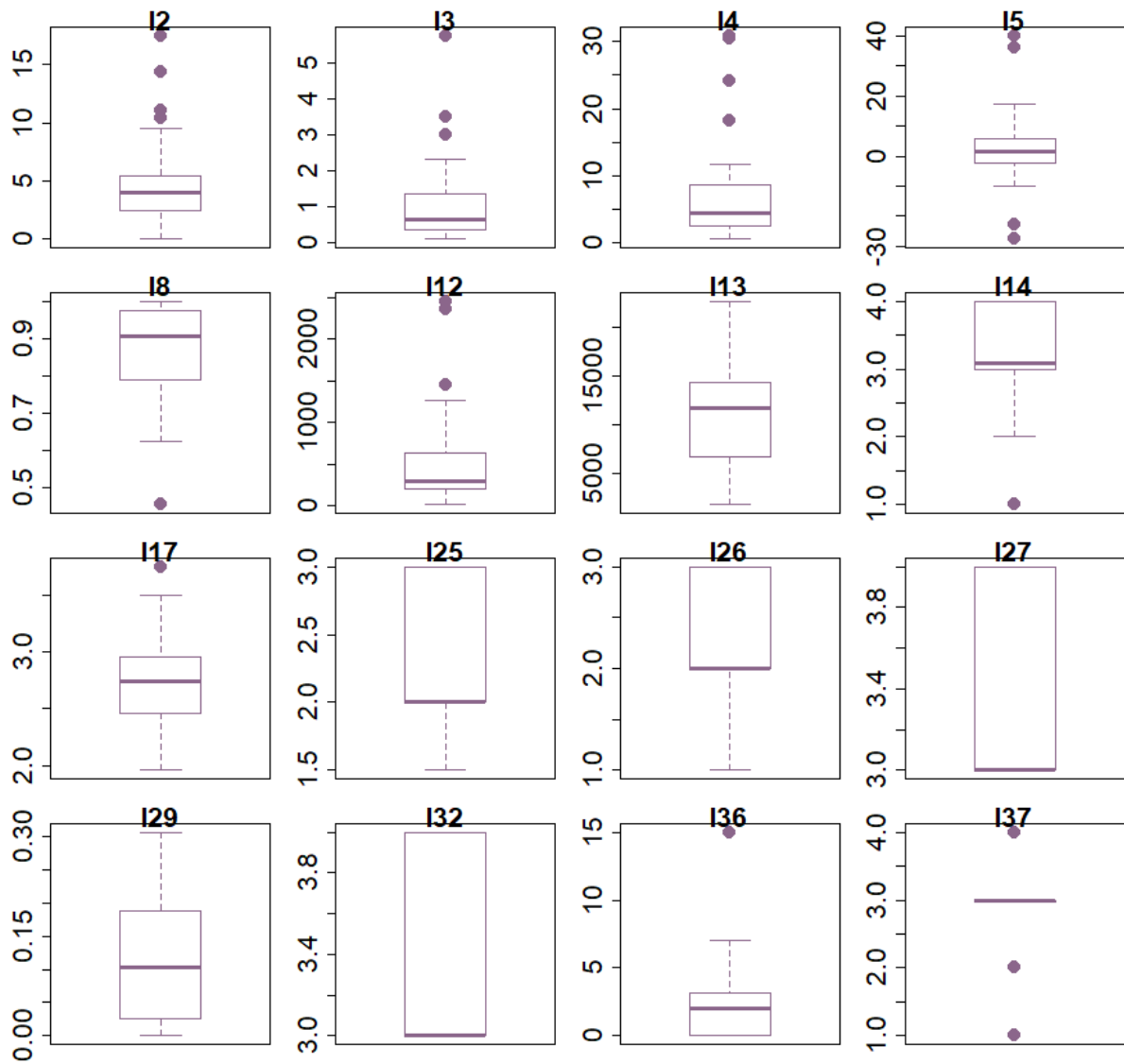
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I8	I10	I11	I12	I13	I14	I17	I25	I26	I27	I29	I32	I34	I36	I37
I1	1,00	-0,05	-0,36	-0,31	-0,67	-0,21	-0,42	-0,31	-0,29	-0,24	0,20	0,11	-0,13	-0,19	-0,34	0,21	0,05	-0,04	0,17	0,12	-0,01
I2	-0,05	1,00	-0,28	-0,47	0,02	-0,07	0,08	-0,06	-0,09	0,09	-0,06	-0,45	0,06	0,05	-0,05	0,08	-0,03	0,18	0,70	-0,04	-0,13
I3	-0,36	-0,28	1,00	0,16	0,63	0,03	-0,12	0,68	0,77	0,27	-0,09	0,13	-0,19	0,13	0,31	-0,14	0,15	-0,09	-0,21	-0,13	-0,11
I4	-0,31	-0,47	0,16	1,00	0,11	0,21	0,30	-0,10	-0,02	-0,24	0,07	0,31	0,34	-0,08	0,22	0,13	-0,18	0,21	-0,51	-0,19	0,18
I5	-0,67	0,02	0,63	0,10	1,00	0,08	0,23	0,75	0,60	0,42	-0,04	0,00	-0,16	0,22	0,42	-0,13	-0,13	-0,13	-0,17	-0,14	-0,10
I6	-0,21	-0,07	0,03	0,21	0,08	1,00	0,25	-0,08	0,03	-0,11	0,21	0,11	0,05	0,14	0,05	0,14	-0,26	0,18	-0,15	-0,20	-0,44
I8	-0,42	0,08	-0,12	0,30	0,24	0,25	1,00	-0,09	-0,37	0,05	0,18	-0,03	0,11	0,19	-0,10	-0,10	-0,12	0,12	-0,32	-0,15	0,01
I10	-0,31	-0,06	0,68	-0,10	0,75	-0,08	-0,09	1,00	0,67	0,69	-0,03	0,11	-0,36	0,21	0,25	-0,16	-0,10	-0,32	-0,12	-0,04	-0,11
I11	-0,29	-0,09	0,77	-0,02	0,60	0,03	-0,37	0,67	1,00	0,34	-0,37	-0,09	-0,05	0,06	0,30	0,03	0,01	-0,09	-0,13	0,04	-0,13
I12	-0,24	0,09	0,27	-0,24	0,42	-0,11	0,05	0,69	0,34	1,00	-0,07	-0,04	-0,17	0,03	-0,24	-0,26	0,04	-0,26	0,05	0,14	0,09
I13	0,20	-0,06	-0,09	0,07	-0,04	0,21	0,18	-0,03	-0,37	-0,07	1,00	0,52	-0,27	0,07	0,03	0,03	0,10	0,19	0,09	0,00	-0,12
I14	0,11	-0,45	0,13	0,31	0,01	0,11	-0,03	0,11	-0,09	-0,04	0,52	1,00	-0,09	0,12	0,15	-0,14	-0,11	0,19	-0,15	-0,22	0,01
I17	-0,13	0,06	-0,19	0,34	-0,15	0,05	0,11	-0,36	-0,05	-0,17	-0,27	-0,09	1,00	-0,35	-0,18	0,13	-0,17	0,16	-0,13	-0,36	0,01
I25	-0,19	0,05	0,13	-0,08	0,22	0,14	0,19	0,21	0,06	0,03	0,07	0,12	-0,35	1,00	0,18	0,21	0,21	0,00	0,02	0,02	-0,21
I26	-0,34	-0,05	0,31	0,22	0,42	0,05	-0,10	0,25	0,30	-0,24	0,03	0,15	-0,18	0,18	1,00	-0,07	-0,21	0,17	-0,07	-0,09	-0,22
I27	0,21	0,08	-0,14	0,13	-0,13	0,14	-0,10	-0,16	0,03	-0,26	0,03	-0,14	0,13	0,21	-0,07	1,00	0,15	0,29	0,11	-0,11	0,04
I29	0,05	-0,03	0,15	-0,18	-0,13	-0,26	-0,12	-0,10	0,01	0,04	0,10	-0,11	-0,17	0,21	-0,21	0,15	1,00	0,01	0,16	0,36	0,32
I32	-0,04	0,18	-0,09	0,21	-0,13	0,18	0,12	-0,32	-0,09	-0,26	0,19	0,19	0,16	0,00	0,17	0,29	0,01	1,00	0,22	-0,17	0,15
I34	0,17	0,70	-0,21	-0,51	-0,17	-0,15	-0,32	-0,12	-0,13	0,05	0,09	-0,15	-0,13	0,02	-0,07	0,11	0,16	0,22	1,00	-0,05	-0,05
I36	0,12	-0,04	-0,13	-0,19	-0,14	-0,20	-0,15	-0,04	0,04	0,14	0,00	-0,22	-0,36	0,02	-0,09	-0,11	0,36	-0,17	-0,05	1,00	-0,01
I37	-0,01	-0,13	-0,11	0,18	-0,11	-0,44	0,01	-0,11	-0,13	0,09	-0,12	0,01	0,01	-0,21	-0,22	0,04	0,32	0,15	-0,05	-0,01	1,00

Annexe 17 : Tableau d'indicateurs utilisés pour l'analyse

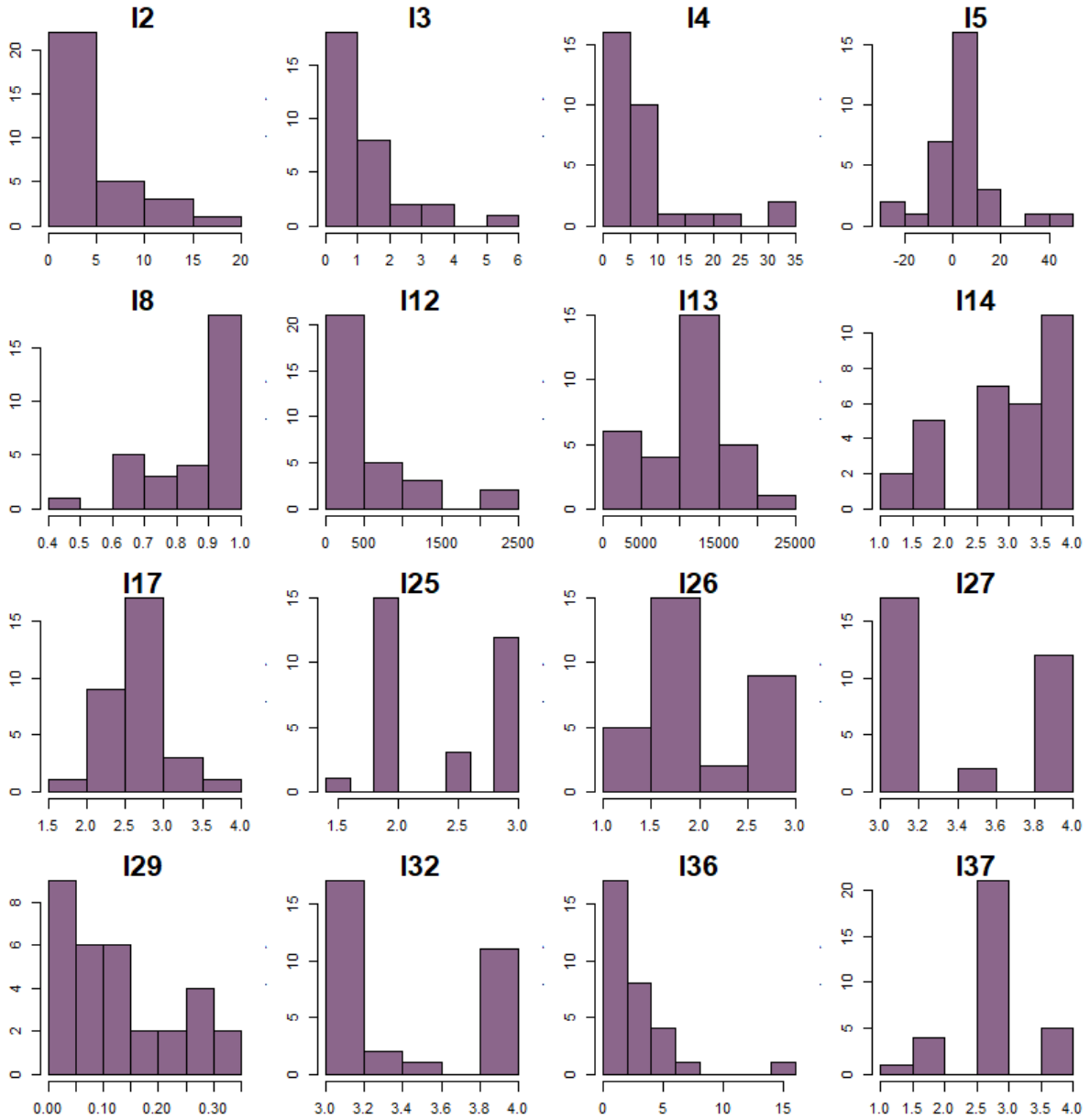
I2	I3	I4	I5	I8	I12	I13	I14	I17	I25	I26	I27	I29	I32	I36	I37
2,85	2,00	30,39	6,68	0,92	285,74	11818,75	4	2,74	2,5	3	4	0,22	4	1	4
3,95	1,54	7,86	36,01	0,95	1241,76	22727,27	4	1,96	3	3	4	0,00	3	2	3
5,79	0,31	5,96	5,73	0,83	285,07	3750,00	4	3,25	3	3	3	0,08	3	0	3
1,74	3,49	11,77	12,51	0,97	710,12	18300,00	3	2,75	3	2	3	0,27	3	1	3
7,12	0,94	4,24	9,44	1,00	476,61	11716,56	2	2,92	2	3	3	0,00	3	0	1
5,17	5,74	3,30	40,03	0,80	1275,08	4545,45	3	2,17	3	3	3	0,12	3	0	2
2,84	3,01	5,30	10,36	0,45	414,97	2104,09	2	3,00	2	3	4	0,18	3,5	6	3
3,61	0,32	5,64	-5,36	0,62	74,81	14347,83	3	2,67	1,5	2	3	0,05	3	3,25	3
3,64	0,36	2,28	-10,03	0,83	56,61	11037,46	3,08	2,92	2	1	4	0,11	3	0	3
4,00	0,12	8,27	-0,95	0,96	17,81	12000,00	3	2,25	2	2	3	0,10	4	3	4
2,02	0,45	8,66	-3,66	0,91	207,38	18461,54	4	2,88	2	2	3	0,08	3	2	3
4,65	0,12	3,25	-5,93	0,91	128,98	12000,00	4	3,00	3	2	4	0,00	4	0	2
14,36	0,11	3,50	1,54	1,00	135,26	4000,00	1	3,50	2	1	4	0,11	3	0	3
2,43	1,36	18,16	6,10	1,00	227,00	16744,19	4	2,75	3	2	4	0,00	4	0	2
0,67	0,98	8,72	-23,01	0,69	204,48	6000,00	3	2,63	2	2	3	0,00	3	2,5	3
11,08	0,26	2,02	1,67	0,90	753,60	11037,46	3,08	2,74	3	3	3	0,00	4	0	2,96
0,00	1,13	30,86	1,45	0,91	140,29	7500,00	3,08	3,75	2	2	4	0,00	4	0	3
5,60	0,40	2,71	-3,58	0,88	434,18	12600,00	3	2,83	3	2	4	0,29	4	3	3
10,41	0,64	2,29	3,11	1,00	2462,75	11037,46	2	2,88	2	1	3	0,14	3,40	5	3
4,03	0,54	4,53	0,09	0,90	296,70	14062,50	3	2,29	3	2	3	0,31	3	15	2
3,08	1,26	6,69	17,13	0,92	2354,63	5600,00	3,08	3,13	2	1	3	0,10	3	4,5	4
17,50	0,45	0,57	0,61	0,73	265,33	14933,33	3,08	2,74	2,41	2,14	3,41	0,14	4	0	2,96
4,17	2,32	4,36	0,19	0,99	567,14	10714,29	4	2,50	2	2	3	0,05	4	3	3
3,29	0,65	2,07	-27,62	0,68	823,17	16000,00	4	2,33	3	1	4	0,30	3	4	3
1,13	1,80	9,62	3,16	0,98	225,55	16165,27	4	3,00	2	2	3	0,30	4	0	4
2,39	1,38	1,94	3,75	0,64	1462,30	9574,47	4	2,33	2	2	3	0,10	3	2,5	3
3,96	0,36	9,00	3,12	0,94	444,52	4029,85	2	2,42	3	2	3	0,02	3	5	3
4,92	0,57	2,71	2,38	0,99	466,34	1800,00	1	2,29	3	2	4	0,26	3	3	4
0,00	1,13	24,04	3,34	1,00	256,35	12000,00	4	3,00	2	3	3	0,04	3	2	3
9,54	0,19	1,38	-8,08	0,78	256,37	14516,13	2	2,50	2	3	4	0,15	4	7	3
0,00	1,13	1,91	-0,16	0,69	565,03	11037,46	3,08	2,74	2,41	2,14	3,41	0,20	3,40	0	2,96



(1) Boxplots



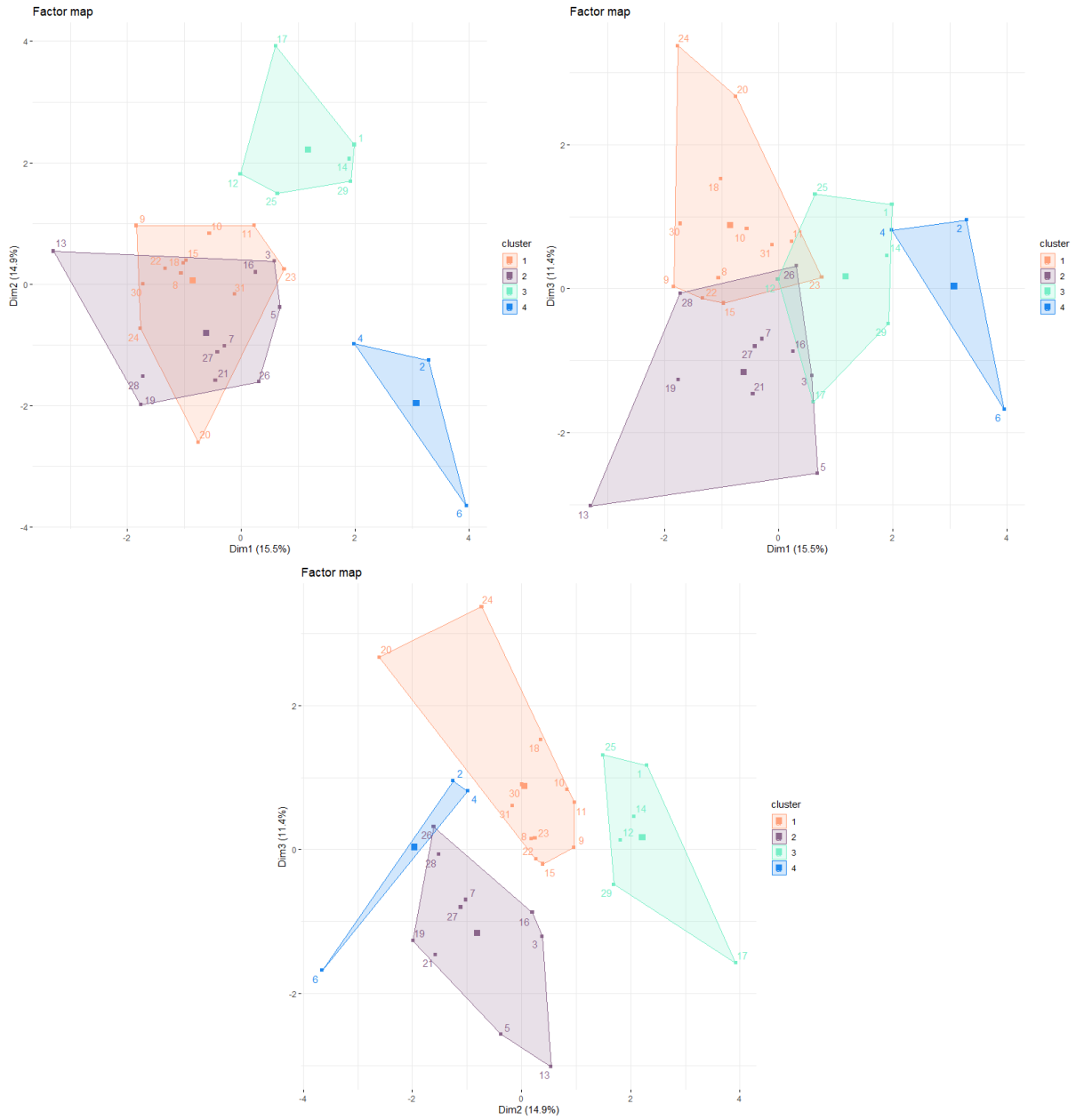
(2) Histogrammes



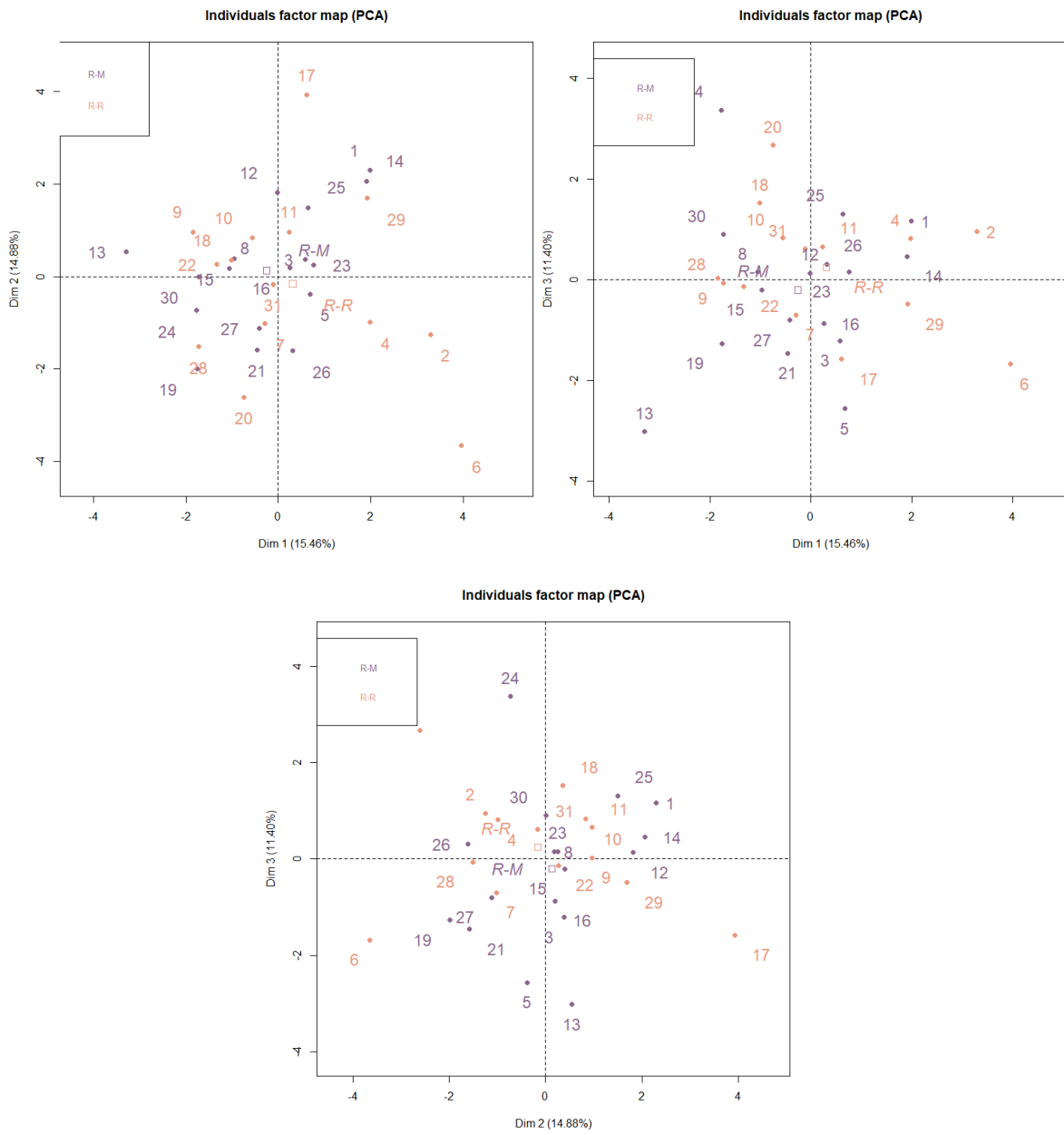
Annexe 19 : Tableau de contribution des variables pour former les composantes (en %)

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6	Dim.7	Dim.8
I2	7,19	1,33	5,93	23,77	0,02	3,23	10,66	1,43
I3	18,86	5,03	0,49	1,90	7,58	2,94	2,48	2,39
I4	8,66	16,17	0,03	5,44	4,07	0,06	8,23	3,62
I5	19,42	6,07	7,14	0,63	4,84	1,69	0,53	0,57
I8	1,52	1,61	1,54	1,77	0,48	42,54	14,83	6,16
I12	0,59	15,52	1,76	3,92	0,28	15,16	5,66	3,16
I13	2,65	1,38	19,81	2,62	8,74	9,51	2,52	0,13
I14	11,86	4,74	11,97	1,66	7,29	0,88	4,10	5,76
I17	1,83	14,38	14,44	1,87	1,22	0,07	0,26	3,47
I25	3,62	2,69	4,62	17,76	4,27	0,71	12,77	5,91
I26	15,02	0,05	0,31	6,39	0,01	15,97	0,81	19,05
I27	1,51	4,53	1,56	9,03	18,78	2,39	1,12	13,16
I29	2,14	3,58	17,96	0,51	20,04	0,04	0,05	0,04
I32	0,03	12,50	1,56	7,88	4,64	0,40	19,77	6,85
I36	3,36	9,47	8,74	0,84	0,10	0,72	7,93	22,42
I37	1,73	0,95	2,14	14,02	17,65	3,68	8,27	5,87

Annexe 20 : Représentation des individus classés par groupe sur les 3 axes



Annexe 21 : Représentation des individus sur les 3 axes en fonction de leur production (R-R : Ruminant-Ruminant (orange), R-M : Ruminant-Monogastrique (violet))



Annexe 22 : Représentation des individus sur les 3 axes en fonction de leur localisation (C : INRA Clermont-Ferrand (orange), M : INRA de Montpellier (violet), T : INRA de Toulouse (vert))

