



HAL
open science

Construction d'une méthode de caractérisation de la santé globale des fermes : cas des élevages laitiers agroécologiques

Maeva Cremilleux

► To cite this version:

Maeva Cremilleux. Construction d'une méthode de caractérisation de la santé globale des fermes : cas des élevages laitiers agroécologiques. Agronomie. Université Clermont Auvergne, 2022. Français. ⟨NNT : 2022UC-FAC095⟩. ⟨tel-04141726⟩

HAL Id: tel-04141726

<https://theses.hal.science/tel-04141726v1>

Submitted on 26 Jun 2023

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

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



HAL Authorization

École doctorale Science de la vie, Santé, Agronomie, Environnement

Thèse

Présentée à l'Université Clermont Auvergne



Pour l'obtention du grade de **Docteur d'Université**

Spécialité Gestion de l'environnement

Soutenue publiquement le 29 novembre 2022

Construction d'une méthode de caractérisation de la santé globale des fermes : cas des élevages laitiers agroécologiques

Maeva Cremilleux

Directeur de thèse : Bruno Martin

Co-encadrants : Audrey Michaud et Patrice Cayre

Membres du jury

<i>Président :</i>	Laurent Rieutort	Professeur d'Université, Université Clermont-Auvergne
<i>Rapporteurs :</i>	Muriel Figuié Laurent Hazard	Directrice de recherche, CIRAD Directeur de recherche, INRAE
<i>Examineurs :</i>	Claire Manoli Bruno Martin Audrey Michaud	Maitresse de conférences, ESA d'Angers Ingénieur recherche, HDR, INRAE Maitresse de conférences, VetAgro Sup
Membre invité :	Patrice Cayre	Reso'them DGER- Chercheur associé UMR Territoires

Laboratoire d'accueil

Unité Mixte de Recherches sur les Herbivores
INRAE Centre Auvergne Rhône-Alpes

Remerciements

Cette thèse ne résulte pas d'un travail individuel mais constitue le fruit d'une aventure collective.

Je remercie l'ensemble des membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail de thèse : Muriel Figuié et Laurent Hazard en tant que rapporteurs, ainsi que Claire Manoli et Laurent Rieutort en tant qu'examineurs.

Un grand merci à mes trois encadrants Audrey Michaud, Bruno Martin et Patrice Cayre de m'avoir guidée pendant ces trois années et sans lesquels je n'aurais pu réaliser ce travail. Audrey, après m'avoir supporté pendant les 6 mois de stage de fin d'étude, je te remercie pour la confiance que tu m'as accordée en devenant ta première doctorante. Tes compétences, ta bienveillance, ton enthousiasme et ta disponibilité sans faille (malgré un emploi du temps surchargé) m'ont beaucoup apporté. Merci pour tes nombreuses relectures, nos multiples discussions, et d'avoir toujours su trouver les bons mots aux bons moments pour me motiver ! Je suis ravie de constater que cette première expérience d'encadrement de thèse t'a donné envie de poursuivre l'aventure avec d'autres doctorants. Bruno, merci pour ta confiance, ton enseignement de l'écriture scientifique, tes relectures et d'avoir amené ta prise de recul tout au long de la thèse avec humanité. Faire une thèse à la croisée de plusieurs disciplines n'est pas facile, Patrice merci de m'avoir initiée à la sociologie et plus particulièrement partagé tes compétences sur la conduite et l'analyse d'enquêtes

Merci aux membres de mon comité de thèse : Marc Benoit, Luc Delaby, Denis Grancher, Diego Landivar, Yves Michelin, Cyrille Rigolot et Isabelle Veissier pour les échanges enrichissants et vos apports constructifs.

Je remercie les différents collectifs avec lesquels j'ai travaillé. Merci au personnel de VetAgro Sup et plus particulièrement du département Agriculture et Espace pour votre accueil au cours de ces trois années. Merci à Benjamin Nowak, Véronique Genevois et Camille Martin pour avoir toujours pris le temps de répondre à mes questions, votre appui concernant les prélèvements de sol et l'analyse des données. Merci à Yves Michelin pour tes apports sur QGIS et ton aide à la prise de recul concernant les difficultés d'une thèse associant plusieurs disciplines. Je remercie Thierry Buronfosse et Denis Grancher pour vos apports concernant les mesures de santé des troupeaux et la réalisation des analyses de sang. J'avais à cœur de découvrir l'enseignement, et j'ai eu la chance de pouvoir intervenir dans des modules pendant ces trois années. Merci à Adeline Védrine et à Audrey Michaud pour cette opportunité d'enseigner à VetAgro Sup. Merci à la direction scientifique, à Annabel Dabrigeon et à Cécile Sibra pour votre implication auprès de l'ensemble des doctorant.e.s de VetAgro Sup.

Merci au personnel de l'UMR Herbivores et de l'équipe Comète pour votre accueil lors de mes passages. Merci à Isabelle Constant et Sandrine Faure pour la réalisation des analyses de l'expérimentation. Isabelle, un grand merci pour tes nombreux dépannages de matériel en toute circonstance et toujours avec gentillesse.

Merci aux différentes personnes impliquées dans les mesures et prélèvements sur les fermes. Merci à Mélody Quandalle, Jeanne Fernand Genty, Andrea Cepatelli, Camille Chabalière et Almance Rousset pour l'aide à la réalisation des prélèvements durant ces deux années. Plus particulièrement merci à Mélody, Jeanne et Andrea pour leur implication et investissement, avec bonne humeur ! Merci à Antoine Doumanian, Marion Godfroy et Alicia Nurit pour la réalisation des prises de sang sur les fermes. Je remercie Pierre Marie Le Henaff, Jean Noel Galliot et Mauro Coppa pour la réalisation du typage des prairies. Merci à Matthieu Bouchon, Emilie Rispal et l'ensemble du personnel de la ferme expérimentale de Marcenat pour votre appui lors de l'expérimentation : l'étiquetage, les prélèvements... Mauro merci

pour tes venues à Marcenat lors des journées de prélèvements, de m'avoir initié à SAS et ton investissement pour la rédaction de l'article.

I would to warmly thanks Enrico Sturaro, Salvatore Raniolo, Elena Benedetti del Rio, Marta Teston and Enrique Munoz Ulecia for their support during the two months I spend in Padova. Grazie mille !

J'ai passé beaucoup de temps sur les routes et dans les fermes d'Auvergne, je remercie l'ensemble des éleveur.euse.s ayant participé à ce projet. Merci pour votre confiance, le temps accordé, votre accueil chaleureux et les échanges toujours très enrichissants. Cette thèse n'aurait pu avoir lieux sans votre implication ! Merci également aux animateur.rice.s des associations Eleveurs Autrement et Cant'Adear. Merci à Guillaume Beure et Bruno Gourdon pour le partage de vos connaissances, nos nombreux échanges, votre bienveillance et votre soutien.

Merci à tous les doctorant.e.s, post doc et non titulaires de VetAgro Sup et de l'UMR Herbivores. Merci à Anna, Anne, Coline, Elodie, Jingjing, Léa, Moïse, Morgane, Robin pour votre accueil et votre bonne humeur. Lucie et Abdel merci de m'avoir accueilli dans votre bureau lors de mes venues à l'INRAe et les bons moments passés en conférence. Julien, merci pour nos échanges divers et variés et tes conseils avisés. Lucille, merci pour ton optimisme, et ta bienveillance en toute circonstance. Les bières, soirées à la coloco et randonnées, partagées tout au long de la thèse avec Pauline D, ont été d'un précieux soutien. Pauline D, merci pour ton amitié, tous les bons moments depuis nos stages de fin d'étude et d'avoir illuminé ces années de fous rires avec des expressions bien à toi. Merci à Elisa pour ta gentillesse, les randonnées, les soirées (les tiramisus et les pizzas !). Eulalie, merci pour ton soutien depuis le 1er jour de nos thèses, nos discussions scientifiques et personnelles, pour les sorties footing (ou tentatives parfois), la mise en forme du manuscrit et des références biblios (tu vois tu as le droit à plusieurs lignes de remerciements !). Lena S., merci d'avoir amené des fous rires dans le bureau grâce à ton humour en toute circonstance. Merci pour nos discussions le soir au bar (et ce n'est que le début, n'oublie pas que tu n'as pas le droit de refuser une sortie...). Nolwenn et Héloïse, merci pour votre soutien, les randonnées, les repas du lundi soir, les soirées à la coloco. Un grand merci pour votre amitié. Nolwenn, je te souhaite le meilleur pour ta thèse ! Imène, merci de m'avoir bichonné à chacune de tes venues, avec notamment tes nombreux gâteaux. Maria, une mention spéciale pour tes talents de pâtissière et ta présence chaleureuse au sein du bureau.

Merci à l'ensemble des membres du bureau de Doct'Auvergne pour cette aventure associative. Magali et Pauline B. merci pour votre amitié, votre soutien et nos discussions notamment autour du doctorat.

A mes copains caennais et rencontrés à Nancy : Lena T., Morgan, Théo, Claire, Laurine, Maëva, Kevin, Emeline et Mallauray, merci d'être toujours là ! Romain, Prunelle et Margot merci pour nos escapades estivales si ressourçantes. Merci à Pauline L. et Céline, pour ce trio de choc, pour votre amitié, votre soutien permanent, votre bonne humeur et les superbes moments passés ensemble.

Merci à ma famille, plus particulièrement à mes parents ainsi qu'à Damien et à Lauriane pour votre soutien et vos relectures du manuscrit.

Résumé

L'agriculture est aujourd'hui confrontée à un grand nombre de défis, et plus particulièrement à des crises environnementales majeures comportant également un volet sanitaire (zoonose, bien-être animal...). Face à ces crises, les concepts d'approche globale de la santé (Global Health, One Health, Eco Health, Planetary Health, Santé unique) sont en plein essor. Or, peu de travaux sont développés à l'heure actuelle en agriculture sur ce concept, et ceux qui s'y intéressent n'intègrent pas les connaissances des agriculteurs, pourtant nécessaires pour favoriser la mise en œuvre de ces approches sur le terrain. En outre, l'agroécologie est un système vertueux en termes de santé et donc particulièrement intéressant pour tester la mise en œuvre d'une approche globale de la santé. L'objectif de ce travail de thèse est de construire et éprouver une méthodologie tournée vers l'action pour caractériser l'approche globale de la santé à l'échelle de la ferme, en intégrant le point de vue académique et le point de vue des éleveurs. Nous avons adopté une démarche pragmatique permettant d'intégrer la littérature scientifique et la vision des agriculteurs. Une première étape a permis de construire un cadre d'analyse de la santé globale des fermes. Il s'appuie sur les références bibliographiques présentes au sein de la littérature et la réalisation d'enquêtes auprès de 11 éleveurs laitiers du Massif central, se réclamant de l'agroécologie. Plus particulièrement, nous avons identifiés 3 types de cadre selon la vision des éleveurs. La quantification de ce cadre, réalisé via des mesures effectuées pendant deux ans sur les 11 fermes suivies, a permis d'établir des niveaux de santé des fermes. Deux états de santé ont été évalués : l'un en utilisant des métriques académiques et le second en utilisant les métriques des éleveurs. La confrontation des deux protocoles de mesure conduit généralement au même résultat et indique que les états de santé des fermes de notre échantillon sont bons. Les cadres académiques et des éleveurs partagent des définitions et indicateurs similaires, les éleveurs utilisent également d'autres indicateurs spécifiques, plus visuels. L'étude de la santé globale des fermes, en lien avec les pratiques de gestion mises en place par les agriculteurs et l'analyse du fonctionnement du système indique que c'est la cohérence du système qui favorise la santé. Ce travail a permis de caractériser la santé globale d'une ferme, de proposer des indicateurs, et une méthode de mesure. Une validation sur un plus grand échantillon et avec plus de variabilité de fonctionnement, pratiques et états de santé est nécessaire. Cela permettrait également d'explorer plus précisément les liens entre pratiques de gestion et état de santé. Enfin, nous avons apporté des éléments pour faciliter l'identification des fermes en transition agroécologique, ce qui contribue à favoriser la diffusion de l'agroécologie sur le terrain.

Mots clés : santé de la ferme, pragmatisme, agroécologie, indicateurs de santé, élevage laitier, fonctionnement de système

Abstract

Today, agriculture is facing with many challenges, and more particularly with major environmental crises that also have a health component (zoonosis, animal welfare, etc.). To confront these crises, the concepts of a global approach to health (Global Health, One Health, Eco Health, Planetary Health, Single Health) are thriving. However, this concept has not been well studied in the field of agriculture, and those that do take an interest in it do not include the knowledge of farmers, which is necessary to promote the implementation of these approaches in the field. Moreover, agroecology is a virtuous system in terms of health and therefore particularly interesting for testing the implementation of a global approach to health. The objective of this thesis is to build and test an action-oriented methodology to characterize the whole-farm health approach, integrating the academic and farmer perspectives, based on agroecological systems. To do this, we adopted a pragmatic approach that allowed us to integrate the scientific literature and the farmers' vision. First, we built a framework in order to analyse the overall health of farms. We used bibliographical references in the literature and surveys of 11 dairy farmers in the Massif Central who claim to be agroecologists to build this framework. More specifically, we identified three types of frameworks, according to the farmers' vision. The quantification of this framework, thanks to the realization of measurements during two years on the 11 farms followed, made it possible to establish the health levels of the farms. We assessed two health states: one using academic metrics and the second using farmers' metrics. The comparison of the two measurement protocols leads generally to the same result and indicates that the health status of the farms in our sample is good. The academic and farmer frameworks share similar definitions and indicators, but the farmers also use other specific and more visual indicators. The study of the overall health of the farms, in relation to the management practices implemented by the farmers and the functioning of the system analysis, indicates that the coherence of the system is the major feature that promotes health. This work made it possible to characterize the overall health of a farm, to propose indicators and a measurement method. Extended work on a larger sample and with more variability in functioning, practices and health states could help to validate the results in other contexts. This would also allow us to explore more precisely the links between management practices and health status. We also provided knowledge to facilitate the identification of farms in agroecological transition. This knowledge can then help to spread agroecology on the field.

Key words: farm health, pragmatism, agroecology, health indicators, dairy production, systemic

Liste des travaux

Communications scientifiques

Articles dans des revues à comité de lecture

Accepté :

Cremilleux M., Coppa, M., Bouchon M., Delaby, L., Beure, G., Constant, I., Natalello, A., Martin, B., Michaud, A. 2022 Effects of forage quantity and access-time restriction on feeding behaviour, feed efficiency, nutritional status, and dairy performance of dairy cows fed indoors. *Animal*, 16. *Accepté le 11 juillet 2022*

Publication avant thèse :

Michaud, A., Cremilleux, M., Beure, G., Védrine, A., Rigolot, C. 2019. Un diagnostic d'alimentation de ruminants « qui parle aux éleveurs ». *Comparaison avec un protocole classique. Fourrages* 240, 321-328

Soumis :

Cremilleux, M., Michaud, A., Cayre, P., Martin, B., Rigolot C., Michelin Y. Combining systemic and pragmatic approaches for the holistic diagnosis of a farm in agroecological transition in a health context. *Soumis à Frontiers in Sustainable Food Systems*

En préparation :

Raniolo, S., Squartini, A., Cournut, S., Michaud, A., Cremilleux, M., Nowak, B., Lind, V., Maretto, L., Benedetti del Rio E., Ramanzin M., Sturaro E. Soil pH dominance over livestock management in determining bacterial assemblages through a latitudinal gradient of European meadows and pastures. *En préparation pour Science of the Total Environment*

Porphyre, T., Michaud, A., Cremilleux, M., Cadore, J.L., Gautier, A., Legros, V., Loukiadis, E., Gardon, S., Josien, E., Michelin, Y. La santé globale : des défis à relever pour la formation des professionnels de la production animale, de la santé des élevages et de la qualité des aliments. *En préparation pour Nature Sciences Société*

Chapitre d'ouvrage

Cremilleux, M., Cayre, P., Beure, G., Martin, B., Rigolot, C., Michaud, A. 2022. Quand deux réalités du monde se parlent, in Collectif Origens, Landivar D. et Monnin A. (2022), *Le Protocole Coopair*, Editions Open Origens, Clermont-Ferrand, France

Communications à des manifestations nationales et internationales

Communications avec actes

Communications orales

Cremilleux, M., Cayre, P., Rigolot, C., Martin B., Michaud, A. 2020. Les systèmes d'élevage agroécologiques : une caractérisation pragmatique croisant la zootechnie avec les sciences humaines. 25^{ème} rencontre autour des recherches sur les ruminants (3R) (p570-574), 2-3 décembre 2020, en ligne

Cremilleux, M., Cayre, P., Martin B., Michaud, A. 2021. Agroecology and the evolution of worldviews enable farmers to reach a sustainable living. 29th session of the Permanent European Conference for the Study of the Rural Landscape (PECSRL), 29-30 September 2021, en ligne

Cremilleux, M., Cayre, P., Martin B., Michaud, A. 2021. La santé unique, une approche globale pour raisonner les élevages et leurs enjeux. 14^{èmes} Journées de Recherche en Sciences Sociale (JRSS), 9-10 décembre 2021, en ligne

Michaud, A., Cremilleux, M., Gourdon, B., Martin, B., Chow-Petit, B., Cayre, P. 2022. Mise en place d'une démarche participative pour favoriser la transition agroécologique. 58^e colloque de l'Association de Science Régionale de Langue Française (ASRDLF), 29 juin-1 juillet 2022, Rennes, France

Raniolo, S., Cournut, S., Cournut, E., Michaud, A., Cremilleux, M., Lind, V., Karlsen, G.A., Ramanzin, M., Squartini, A., Benedetti Del Rio, E., Sturaro, E. 2022. Sustainable management of highland grasslands: an integrated methodological approach from Highlands.3 project. International Mountain Conference (IMC). Innsbruck, Autriche, 11-15 septembre 2022

Posters

Cremilleux, M., Quandalle, M., Martin, B., Michaud, A. 2022. How farmers define the health of their grassland? 29th General Meeting of the European Grassland Federation (EGF). Caen, France, 26-30 juin 2022.

Ceppatelli, A., Cremilleux M., Gourdon B., Martin B., Michaud A. 2022. L'ordre de distribution des fourrages semble affecter l'aptitude fermentaire du lait. Rencontre autour des recherches sur les ruminants. Accepté pour un poster en décembre 2022

Communications sans actes

Communications orales

Cremilleux, M., Martin B., Michaud, A. 2021. Quand les agriculteurs mettent en place une pratique d'alimentation ayant un effet sur la santé globale de leur ferme : premières analyses objectives à partir de données scientifiques. Journée de la Fédération des Recherches en Environnement (FRE). 24 novembre 2021, Clermont-Ferrand, France

Cremilleux, M., Martin B., Beure, G., Michaud, A. 2021. Mise en expérimentation des métriques. Journée de restitution imaginer ensemble un territoire école Salers. 2021, Aurillac, France

Cremilleux M., Michaud, A. 2022. La santé des fermes : une mise en action grâce au dialogue entre monde académique et éleveurs. Invitée à participer à la Journée d'étude du laboratoire junior RAT: Quelle place pour les animaux dans les pratiques inspirées de One Health ? 15 septembre 2022, Lyon, France

Michaud, A., Cremilleux, M., Michelin, Y. 2021. Panser l'élevage ou (re)penser l'élevage ? Une entrée par la santé globale à l'aune de l'anthropocène. Journée agriculture et anthropocène. 26 mai 2021, Lempdes, France

Posters

Cremilleux, M., Cayre, P., Martin B., Michaud, A. 2021. Farm Health: A global approach to think about livestock farming and its issues? Case of agroecological dairy farms. Journée de l'Ecole Doctorale Sciences de la Vie, Santé, Agronomie, Environnement, Clermont-Ferrand, Mai 2021 (poster)

Co-encadrement d'étudiants

Stage niveau DUT L3

Chabalier, C. (2022). Encadrement : Michaud, A., Cremilleux, M. Évaluation de la santé des prairies de fermes laitières en agroécologie. Stage 2nde année de DUT, IUT de Bordeaux, Bordeaux, France

Stage niveau M1

Fernand-Genty J. (2021) Encadrement : Michaud, A., Cremilleux, M. Allaitement des veaux laitiers et alternatives aux pratiques traditionnelles. Stage pré-optionnel de Master 1, Vet Agro Sup, Lempdes, France

Stage niveau M2

Quandalle, M. (2021). Encadrement : Michaud, A., Cremilleux, M. Choisir des indicateurs de la santé des prairies et de la santé des sols adaptés aux réalités des élevages agroécologiques. Mémoire de fin d'études, Montpellier Sup Agro, Montpellier, France

Ceppatelli A. (2022). Encadrement : Michaud, A., Cremilleux, M. Indicators for animal health on agro-ecological dairy farms. Master thesis, University of Padova, Padoue, Italie

Enseignements

Module enjeux des systèmes prairiaux, ingénieur deuxième année, VetAgro Sup, 2020 (8 h de CM)

Module démarche d'enquête, ingénieur troisième année, VetAgro Sup, 2021 (32h de TP et 30h de TD), 2022 (4h de TD)

Module animal husbandry basics – Master 1 GLOQUAL (Global Quality in European Livestock Production), Université Clermont Auvergne, 2021 (1h30 de TD, en anglais)

Table des matières

Introduction générale.....	19
Chapitre 1 : Vers une approche globale de la santé des fermes	21
1. Les systèmes agricoles occidentaux : trois enjeux majeurs	22
2. Une approche globale de la santé des fermes pour raisonner la transformation des systèmes agricoles.....	23
2.1. Pourquoi parler de santé des fermes ?	23
2.2. De la prise en compte de quelques disciplines à une approche systémique	24
2.3. De l'échelle mondiale à une mise en œuvre locale	26
2.4. Vers une opérationnalité pour les systèmes agricoles, notamment à l'échelle de la ferme	27
3. Les systèmes d'élevage agroécologiques permettent d'explorer la santé des fermes.....	30
3.1. Les crises agricoles et enjeux sanitaires : nécessité de changer de modèle et de rentrer en transition	30
3.2. Historique et évolution des définitions de l'agroécologie	30
3.3. L'agroécologie se définit par des principes	33
3.4. Qui se traduisent par des pratiques et des outils.....	37
3.5. ...en lien avec la santé de la ferme.....	39
3.6. Un changement de rapport au monde.....	41
4. Une double approche intégrant agronomie académique et pragmatisme est nécessaire pour mettre en œuvre une approche globale de la santé	42
4.1. L'évolution des sciences agronomiques à la suite de la modernisation agricole	42
4.2. Les sciences agronomiques et l'approche systémique : intérêts et limites.....	43
4.3. Une pluralité des manières de comprendre et d'expliquer la réalité	44
4.4. Le pragmatisme comme démarche d'enquête	45
5. Objectifs et stratégie du travail de thèse	46
6. Méthodologie mise en place	49
6.1. Constitution d'un réseau de fermes	49
6.2. Mise en expérimentation d'une pratique de gestion de l'alimentation.....	50
Chapitre 2 : Une approche globale de la santé des fermes : du cadre théorique au cadre pratique	51
1. Matériels et méthodes	52
1.1. Construction du cadre théorique d'une approche globale de la santé des fermes	52
1.2. Présentation du réseau de suivi de fermes.....	53
1.3. Conduite des entretiens	54
1.4. Analyse des entretiens	55

2.	Résultats.....	57
2.1.	Construction du cadre théorique d'une approche globale de la santé des fermes	57
2.2.	Définition empirique d'une approche globale de la santé d'une ferme.....	70
3.	Discussion.....	78
3.1.	La santé d'une ferme, une notion qui parle sur le terrain à travers une diversité de définitions	78
3.2.	Une diversité d'indicateurs pour évaluer la santé	82
3.3.	La santé : un autre regard sur les fermes	84
4.	Conclusion	84
Chapitre 3 : Quelle santé globale des élevages laitiers agroécologiques?.....		85
1.	Présentation du dispositif pour mettre en place les deux protocoles de mesure	86
2.	Méthodologie : protocole de mesure des indicateurs académiques	89
2.1.	Identification et sélection des indicateurs à mesurer	89
2.2.	Mise en place des mesures académiques.....	89
2.3.	Indicateurs finaux retenus pour évaluer de la santé	94
2.4.	Mise en place de seuils pour identifier une santé (par pôle)	95
3.	Méthodologie : protocole de mesure des indicateurs des agriculteurs.....	98
3.1.	Mesures de la santé des troupeaux selon les indicateurs des agriculteurs.....	98
3.2.	Mesures de la santé des prairies et des sols selon les indicateurs des agriculteurs ...	100
3.3.	Détermination de l'état global de la santé des pôles selon le protocole des agriculteurs 101	
4.	Résultats des mesures des deux protocoles sur les fermes.....	103
4.1.	Résultats de santé pour les métriques/indicateurs académiques	103
4.2.	Résultats de santé pour les métriques/indicateurs des agriculteurs	109
5.	Discussion des résultats des mesures et de leur confrontation.....	114
5.1.	Les limites de la méthodologie mise en place	114
5.2.	Confrontation des résultats de santé des troupeaux en considérant les approches académiques et des agriculteurs.....	115
5.3.	Confrontation des résultats de santé des prairies (sol et couvert végétal).....	117
5.4.	Des indicateurs différents mais qui mesurent de grands principes communs	119
5.5.	Vers une quantification de la santé des fermes	119
6.	Conclusion	121
Chapitre 4 : Quels sont les pratiques de gestion et fonctionnements de système mis en place sur le terrain dans un objectif de santé ?		122
1.	Des pratiques de gestion et des choix de fonctionnement de systèmes sont mis en place sur le terrain dans un objectif de santé : méthodologie	123
1.1.	Identification des pratiques de gestion favorisant la santé	123

1.2. Suivi des pratiques de gestion mises en place sur les fermes ainsi que leur fonctionnement	123
1.3. Analyse des liens entre les pratiques de gestion identifiées et les indicateurs de santé des fermes	124
1.4. Analyse du fonctionnement des systèmes mis en place dans un objectif de santé....	126
2. Résultats : présentation des pratiques de gestion et des choix de fonctionnement de systèmes mis en place dans un objectif de santé	126
2.1. Pratiques de gestion et conduites identifiées par la littérature	126
2.2. Pratiques de gestion et conduites identifiées par les agriculteurs : synthèse à partir des enquêtes	127
2.3. Analyse des liens entre les pratiques de gestion identifiées par la littérature et les éleveurs et l'état de santé académique des fermes.....	128
2.4. Analyse du fonctionnement du système : la cohérence du système, en faveur de la santé de la ferme	136
3. Analyse d'une pratique de gestion de l'alimentation : effet de la limitation en quantité et temps d'accès des fourrages distribués sur les performances de production et l'état nutritionnel des animaux : mise en expérimentation.....	143
4. Discussion.....	155
4.1. Quelques pratiques de gestion favorisant la santé se dégagent	155
4.2. Importance de la cohérence du système dans la mise en œuvre de la santé des fermes	157
4.3. De la mise en expérimentation d'une pratique à un suivi de ferme : confrontation des résultats de l'expérimentation portant sur l'alimentation aux mesures sur le terrain	157
Conclusion.....	159
Discussion générale.....	160
1. Retour sur l'échantillonnage : intérêt de l'agroécologie pour étudier la santé et apports de références à la transition agroécologique	161
2. La notion de santé : des perspectives pour accompagner et repenser l'élevage	166
3. Une méthodologie d'enquête qui combine approche systémique et pragmatisme	167
4. Combiner les indicateurs académiques et des éleveurs : une nécessité pour aller vers l'action.....	169
4.1. D'autres études s'intéressent aux définitions et indicateurs de la santé, selon les agriculteurs	169
4.2. Indicateurs académiques versus indicateurs des éleveurs, spécificités des deux protocoles.....	169
4.3. Une double imprégnation des métriques	170
4.4. Mise en œuvre de cette combinaison de métriques au sein d'une expérimentation..	170
5. Le dialogue entre monde académique et les éleveurs : une autre manière de faire de la recherche.....	173
Conclusion.....	175

Références bibliographiques	176
Annexes	190

Table des annexes

Annexe 1 : Article sur la méthodologie d'enquête Combining systemic and pragmatic approaches for the holistic diagnosis of a farm in agroecological transition in a health context	190
Annexe 2 : Grille de conduite des entretiens	207
Annexe 3 : Protocole académique d'évaluation de la santé des troupeaux	215
Annexe 4 : ACM permettant de choisir les indicateurs conservés au sein de l'évaluation	233
Annexe 5 : Poster accepté aux 3R 2022- L'ordre de distribution des fourrages semble affecter l'aptitude fermentaire du lait	234
Annexe 6 : Protocoles des mesures de la santé des sols et prairies des éleveurs	236
Annexe 7 : Résultats de la santé des troupeaux selon le protocole Welfare Quality®	248
Annexe 8 : Exemple d'un calendrier de pâturage	250

Liste des figures

<i>Figure 1 : Liens entre santé humaine, animale, des écosystèmes et l'agriculture (source personnelle)</i>	23
<i>Figure 2 : Intégration des santés humaine, animale et des écosystèmes au sein des différentes approches globales de la santé (source personnelle)</i>	26
<i>Figure 3 : Différents niveaux d'échelle pour l'application des approches de santé globale (source personnelle).....</i>	27
<i>Figure 4 : Représentation des différents concepts d'approche globale de la santé (source personnelle).....</i>	29
<i>Figure 5 : Evolution des définitions de l'agroécologie, désormais définie comme discipline scientifique, mouvement social et ensemble de pratiques (Stassart et al., 2012; Doré & Bellon, 2019).....</i>	32
<i>Figure 6 : Les 5 principes agroécologiques de l'élevage (B. Dumont et al., 2013).....</i>	34
<i>Figure 7 : Principes caractérisant les systèmes d'élevage de ruminants en agroécologie, d'après (Wezel & Peeters, 2014)</i>	35
<i>Figure 8: Illustration de l'objectif, des étapes et hypothèses de la thèse</i>	48
<i>Figure 9 : Méthodologie générale du réseau ferme avec pour première étape la réalisation d'entretiens (pictogramme 1) et dans un second temps des mesures de la santé des fermes (pictogramme 2)</i>	50
<i>Figure 10 : Localisation des 11 élevages enquêtés, outil Géoportail.....</i>	53
<i>Figure 11 : Extrait d'une grille d'analyse des enquêtes, les pratiques mises en place en prévention apparaissent en vert</i>	56
<i>Figure 12 : Représentation de l'analyse des entretiens</i>	57
<i>Figure 13 : Différence entre qualité et santé du sol, adapté de Kibblewhite, 2018</i>	59
<i>Figure 14 : La santé du sol, définition indicateurs et pratiques la favorisant, selon la littérature scientifique</i>	60
<i>Figure 15 : La santé des prairies, définition, indicateurs et pratiques référencées par la littérature scientifique</i>	63
<i>Figure 16 : La santé animale, définition, indicateurs et pratiques référencées par la littérature scientifique</i>	66
<i>Figure 17 : La santé humaine, définition, indicateurs d'évaluation et pratiques référencées par la littérature scientifique</i>	68
<i>Figure 18 : Cadre d'analyse complet de la santé des fermes.....</i>	69
<i>Figure 19 : Cadre de la santé de la ferme du type 1 : la santé animale comme priorité. Les éléments en gras constituent des indicateurs et liens établis par l'éleveur mais non référencés dans la littérature scientifique.....</i>	72
<i>Figure 20 : Cadre de la santé de la ferme du type 2 : la santé de l'éleveur comme priorité. Les éléments en gras constituent des indicateurs et liens établis par les éleveurs mais non référencés dans la littérature scientifique.....</i>	74

<i>Figure 21 : Cadre de la santé de la ferme du type 3, la santé comme cercle vertueux. Les éléments en gras constituent des indicateurs et liens établis par les éleveurs mais non référencés dans la littérature scientifique.....</i>	<i>77</i>
<i>Figure 22 : Confrontation des définitions de la santé des fermes des agriculteurs au cadre théorique.....</i>	<i>79</i>
<i>Figure 23 : Confrontation des définitions, du terrain, de santé humaine, du troupeau, des prairies, du sol au cadre théorique</i>	<i>81</i>
<i>Figure 24 : présentation des différentes périodes de mesure de santé du troupeau, et des prairies pour les indicateurs académiques (en bleu) et les indicateurs des agriculteurs (en rose)</i>	<i>88</i>
<i>Figure 25: graphiques a) des individus, b) des variables quantitatives et c) des variables qualitatives, issus de l'AFDM et de la classification réalisée sur les troupeaux en bâtiment</i>	<i>129</i>
<i>Figure 26 : graphiques a) des individus, b) des variables quantitatives et c) des variables qualitatives, issus de l'AFDM et de la classification réalisée sur les troupeaux au pâturage</i>	<i>131</i>
<i>Figure 27 : graphiques a) des individus, b) des variables quantitatives et c) des variables qualitatives, issus de l'AFDM et de la classification réalisée sur les prairies</i>	<i>133</i>
<i>Figure 28 : graphiques a) des individus, b) des variables quantitatives et c) des variables qualitatives, issus de l'AFDM et de la classification réalisée sur les sols.....</i>	<i>135</i>
<i>Figure 29 : analyse de la cohérence de la ferme E4, appartenant au type 1.....</i>	<i>137</i>
<i>Figure 30 : analyse de la cohérence de la ferme E6 appartenant au type 2.....</i>	<i>138</i>
<i>Figure 31 : analyse de la cohérence de la ferme E1 appartenant au type 3.....</i>	<i>139</i>
<i>Figure 32 : typologie des fermes et lien avec l'agroécologie.....</i>	<i>163</i>

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Présentation des principes de l'agroécologie</i>	36
<i>Tableau 2 : Exemples de pratiques de gestion relevant de l'agroécologie (Dumont et al., 2013 ; Wezel & Peeters, 2014)</i>	37
<i>Tableau 3 : Liens entre principes, pratiques agroécologiques et santé</i>	40
<i>Tableau 4 : Principaux indicateurs structurels des fermes enquêtées</i>	54
<i>Tableau 5 : Indicateurs de mesure de la santé du sol selon le type d'indicateur de résultats (C =chimique, Ph = physique, B = biologique), ou de moyen (Pr = pratique), le service écosystémique associé (les moins pertinents sont marqués « - », les plus pertinents sont marqués « + »). Sources : Andreote & Silva, 2017, Brauman & Thoumazeau, 2020. Réalisé avec M. Quandalle, 2021</i>	61
<i>Tableau 6 : Indicateurs de la santé des prairies selon le niveau (sol, végétation, animal), le type ((C =chimique, Ph = physique, B = biologique) et les évaluations des services écosystémiques (les moins pertinents sont marqués « - », les plus pertinents sont marqués « + ») et les méthodes d'évaluation. Sources : Costanza, 2012 ; Plantureux 2022, réalisé avec M. Quandalle (2021)</i>	64
<i>Tableau 7 : Indicateurs de santé et bien-être animal, selon les cinq libertés et les méthodes d'évaluation. AGNE = Acides Gras Non Estérifiés, BHB =Beta-Hydroxybutyrate</i>	66
<i>Tableau 8 : Indicateurs d'évaluation de la santé et du bien-être des agriculteurs</i>	68
<i>Tableau 9 : Confrontation entre les trois cadres d'analyses identifiés sur le terrain et le cadre théorique. Les éléments en gras constituent des apports propres au terrain</i>	83
<i>Tableau 10 : Indicateurs mesurés sur les fermes pour évaluer la santé des troupeaux. Les indicateurs en gras sont conservés pour l'analyse</i>	92
<i>Tableau 11 : Indicateurs mesurés sur les fermes pour évaluer la santé des prairies. Les indicateurs en gras sont conservés pour l'analyse de la santé</i>	93
<i>Tableau 12 : Ensemble des indicateurs mesurés sur les fermes, pour évaluer la santé des sols. Les indicateurs en gras sont conservés pour l'analyse de la santé</i>	94
<i>Tableau 13 : Seuils des indicateurs académiques de la santé des troupeaux</i>	96
<i>Tableau 14 : Les quatre classes de santé selon les indicateurs de sol étudiés</i>	97
<i>Tableau 15: Indicateurs des agriculteurs pour évaluer la santé des troupeaux</i>	100
<i>Tableau 16 : indicateurs des agriculteurs pour mesurer la santé des prairies. Les indicateurs non identifiés dans la littérature scientifique sont en italique</i>	102
<i>Tableau 17 : Valeurs des indicateurs académiques de la santé des troupeaux, au bâtiment</i>	105
<i>Tableau 18 : Valeurs des indicateurs académiques de la santé des troupeaux, au pâturage</i>	106
<i>Tableau 19 : Valeurs des indicateurs académiques de la santé des prairies (couverts). MAT = matière azotée totale, UFL = Unité fourragère laitière</i>	107
<i>Tableau 20 : Valeurs des indicateurs académiques de la santé des sols. C/N = rapport carbone sur azote. CEC = capacité échange cationique</i>	108
<i>Tableau 21 : résultats de la santé des troupeaux selon les indicateurs des agriculteurs</i>	110

<i>Tableau 22 : Résultats de la santé des prairies (couverts) mesurés selon les indicateurs des agriculteurs. Rendmt = rendement.....</i>	112
<i>Tableau 23 : confrontation des états de santé du troupeau selon les indicateurs académiques et des agriculteurs. Les différences observées sont colorées en orange dans le tableau, les éléments similaires en vert</i>	116
<i>Tableau 24 : confrontation des états de santé des sols et prairies selon les indicateurs académiques et des agriculteurs. Les différences observées sont colorées en orange dans le tableau, les éléments similaires en vert.....</i>	118
<i>Tableau 25 : état global de la santé des sols, prairies et troupeaux des fermes suivies selon le protocole académique</i>	121
<i>Tableau 26 : Listes des variables actives retenues dans les quatre AFDM.....</i>	125
<i>Tableau 27 : Résultats des variables qualitatives et quantitatives participants à la construction des groupes (issus de la classification hiérarchique) sur les troupeaux en bâtiment.....</i>	129
<i>Tableau 28 : Résultats des variables qualitatives et quantitatives participants à la construction des groupes (issus de la classification hiérarchique) sur les troupeaux au pâturage</i>	131
<i>Tableau 29 : Résultats des variables qualitatives et quantitatives participants à la construction des groupes (issus de la classification hiérarchique) sur les prairies</i>	133
<i>Tableau 30 : Résultats des variables qualitative set quantitatives participants à la construction des groupes (issus de la classification hiérarchique) sur les sols.....</i>	135
<i>Tableau 31 : Résultats des états nutritionnels mesurés sur les fermes, selon la méthode de rationnement hivernale des animaux</i>	158
<i>Tableau 32 : résultats des comportements des caillés lors de l'expérimentation (AL = ad libitum ; QR = restriction de la quantité de fourrage ; QTR = Restriction de la quantité de fourrage et du temps d'accès à la ration)</i>	171
<i>Tableau 33 : résultats des états d'engraissement, selon les agriculteurs, entre les lots AL (à volonté), QR (restreint en quantité de fourrage), QTR (restreint en quantité de fourrage et en temps d'accès à la ration).....</i>	171
<i>Tableau 34 : résultats du diagnostic d'alimentation mis en place par les éleveurs, appliqué aux lots AL (à volonté), QR (restriction des quantités de fourrage) et QTR (restriction des quantités de fourrages et du temps d'accès à la ration)</i>	172

Liste des abréviations

AL : lot alimenté à volonté au sein de l'expérimentation
ACM : analyse des correspondances multiples
AFDM : analyse factorielle des données mixtes
AGEA : analyse globale de l'exploitation agricole
AGNE : acides gras non estérifiés
BHB : beta-hydroxy-butyrate
CAH : classification ascendante hiérarchique
CEC : capacité d'échange cationique
FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
GAEC : Groupement Agricole d'Exploitation en Commun
GLDH : Glutamate DésHydrogénase
Ha : hectare
IPBES : Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques
IFOAM : International Federation of Organic Agriculture Movement
IVV : intervalle vêlage-vêlage
MAT: matière azotée totale
NEC : note d'état corporel
OHHLEP : One Health High Level Expert Panel
OIE : Office International des Épizooties, organisation mondiale de la santé animale
OMS : organisation mondiale de la santé
pH : potentiel hydrogène
QBA : qualitative behaviour assessment
QR : lot ayant une restriction de quantité de fourrages distribués au sein de l'expérimentation
QTR : lot une restriction de quantité de fourrages distribués et un temps d'accès à la ration limité au sein de l'expérimentation
SAD : systèmes agraires et développement
SAU : surface agricole utile
TAE : transition agroécologique
UFL : unité fourragère laitière
UGB : unité gros bétail
UN : unité d'azote
UTH : unité de travail humain
VL : vache laitière

Introduction générale

Dans les pays occidentaux, l'agriculture a connu de nombreuses mutations depuis la seconde guerre mondiale. Afin d'améliorer la sécurité et l'autonomie alimentaire européenne, l'agriculture productiviste s'est développée, avec pour fondement l'utilisation de technologies et d'intrants (mécanisation, chimie de synthèse, amélioration génétique...). Cette modernisation a permis d'atteindre l'autonomie alimentaire en Europe avec des produits alimentaires disponibles en quantité suffisante et à faible coût pour le consommateur. Cependant cette mutation des systèmes de production a entraîné des externalités négatives sur les écosystèmes, les animaux et la santé humaine, qui sont aujourd'hui décriées et appellent à une transformation des systèmes agricoles.

L'agriculture puise drastiquement dans les ressources naturelles pour assurer des hauts niveaux de production et contribue à hauteur de 20,6 % aux émissions des gaz à effet de serre en France en 2020 (Citepa, 2022). Ces éléments affectent négativement ce que certains auteurs des sciences de l'environnement appellent la santé des écosystèmes (Schaeffer et al., 1988; Rapport et al., 1998). En parallèle, les questions de santé et bien-être animal se développent : si dans un premier temps la santé animale est caractérisée uniquement par l'absence de pathologies physiques, depuis le traité de Lisbonne en 2009 l'animal est défini comme étant un « être sensible ». Cette nouvelle définition démontre un changement de statut des animaux qui sont désormais reconnus comme étant capables de ressentir des émotions et d'accéder à un certain degré de conscience. L'agriculture est aussi à l'origine d'effets négatifs sur la santé humaine. En particulier, l'intensification des pratiques d'élevage confinant un grand nombre d'animaux dans un espace restreint, l'augmentation des échanges entre animaux domestiques et faune sauvage -suite à l'expansion des espaces agricoles - et l'optimisation de l'alimentation ont favorisé l'apparition de zoonoses (Graham et al., 2008; Jones et al., 2013) comme l'encéphalopathie spongiforme bovine. Par ailleurs, le recours aux antibiotiques participe à l'antibiorésistance (Woolhouse et al., 2015). Du fait de ses externalités, l'agriculture relie la santé des écosystèmes, la santé animale et la santé humaine.

Ces liens entre santé des écosystèmes, santé animale et santé humaine sont particulièrement mis en avant par les crises écologiques et sanitaires actuelles (Vieweger & Döring, 2015; Roger et al., 2016; Duru & Therond, 2019). La santé humaine est donc une composante et une résultante du fonctionnement global de la Terre à ses différentes échelles (sol, paysage,...) (Whitmee et al., 2015). Dans ce contexte, différentes approches interdisciplinaires de la santé se sont développées : Global Health, Planetary Health, One Health, EcoHealth et santé unique. Ces approches peuvent sembler synonymes, car elles partent toutes du principe que les humains et les autres animaux partagent la même planète, les mêmes défis environnementaux, et les mêmes agents infectieux. Elles militent en faveur d'une intégration des santés humaines, animale et de l'écosystème. Cependant le niveau d'intégration des santés des humains, de l'animal et de l'écosystème et les disciplines impliquées varient selon les approches (Lerner & Berg, 2017). En outre, du fait d'un manque de préconisations concrètes elles sont encore peu intégrées dans le contexte agricole – à l'exception de l'approche santé unique. Or, l'agriculture, et plus particulièrement l'échelle de la ferme constitue un maillon essentiel puisqu'il s'agit d'un pivot entre santé des écosystèmes, santé humaine et santé animale, notamment selon les pratiques de gestion mises en place. L'éleveur est un acteur du changement sur les fermes, il s'agit donc d'une échelle particulièrement opérationnelle.

Au sein de leur ferme, les agriculteurs, leurs finalités et décisions, leur manière de comprendre la réalité et leur rapport à la nature influencent le fonctionnement de leur système et les pratiques mises en place. Si les agriculteurs mobilisent des connaissances scientifiques, ils expérimentent aussi par eux-mêmes et

construisent ainsi tout au long de leur expérience quotidienne leurs propres connaissances (Darré, 1984; Demeulenaere & Goulet, 2012). Face à cette propre construction de la réalité des agriculteurs il est nécessaire d'appréhender la santé à l'échelle de la ferme grâce à une approche pragmatique, permettant de s'ancrer dans la réalité du terrain. L'approche pragmatique développée permet de s'intéresser à la réalité pratique de la ferme du point de vue de la personne qui agit. Elle intègre la totalité des éléments auxquels les éleveurs sont attachés : leurs expériences, leurs choix et les pratiques qu'ils mettent en place. En effet, pour accompagner la transformation des systèmes de production face aux enjeux actuels il est nécessaire de mettre à jour ces visions provenant du terrain.

Nous avons choisi d'appliquer cette approche globale de la santé des fermes à des élevages en transition agroécologique, localisés dans le Massif central. En effet, face aux crises actuelles, l'agroécologie appelle à une remise en question des fonctionnements des systèmes, des pratiques de gestion, des genres de relation entre humain et nature et des visions du monde. Elle permet de concilier production agricole et gestion des ressources dont les crises écologiques ont révélé qu'elles n'étaient pas inépuisables (Altieri, 1986). De plus, en s'appuyant sur une plus forte biodiversité végétale et animale elle permet d'initier des cercles vertueux entre les santés humaines et non-humaines, aux différentes échelles. Nous vérifions donc si notre cadre d'analyse peut être validé, dans un premier temps, sur des modèles vertueux en termes de santé.

L'objectif de la thèse est de **construire et éprouver une méthodologie tournée vers l'action pour caractériser l'approche globale de la santé à l'échelle de la ferme, intégrant le point de vue académique et le point de vue des éleveurs**. Grâce à cette méthodologie, cette thèse permettra d'identifier de nouvelles métriques opérationnelles pour évaluer la santé, ainsi que des pratiques et des fonctionnements de systèmes observés sur le terrain qui favorisent la santé de la ferme.

Dans ce manuscrit de thèse, un premier chapitre constituant l'état de l'art explicite les enjeux majeurs actuels des systèmes agricoles occidentaux et le développement des approches globales de la santé existantes et leurs applications à l'échelle de la ferme. Ensuite nous effectuerons un état des lieux des travaux sur les systèmes d'élevage en agroécologie. Après avoir réalisé un état des connaissances acquises sur l'utilisation de la démarche pragmatique, pour accompagner la transformation des systèmes agricoles, nous préciserons les liens entre ces différents enjeux. Puis, nous rappellerons les objectifs et enjeux du travail de thèse, décrirons la démarche de thèse et poserons les hypothèses. La stratégie de recherche et les dispositifs expérimentaux seront présentés.

Les résultats de la thèse sont présentés au sein de trois chapitres. Nous étudierons 1) les cadres théoriques et pratiques d'une approche globale de la santé des fermes dans le chapitre 2, 2) les états de santé des élevages laitiers agroécologiques, dans le chapitre 3, 3) les liens entre les états de santé des fermes et les pratiques mises en place ainsi que les cohérences des systèmes développées dans un objectif de santé, dans le chapitre 4.

Enfin, dans une dernière partie, nous discuterons l'ensemble des résultats.

Chapitre 1 : Vers une approche globale de la santé des fermes



Source personnelle

Cette première partie, constituée d'une étude bibliographique, présente les trois enjeux majeurs des systèmes agricoles actuels : une nécessaire mise en œuvre d'approches répondant à une crise sanitaire globale (écologique, animale et humaine), la nécessité de développer la transition agroécologique et le besoin d'outils systémiques et pragmatiques. Les objectifs, la stratégie et la méthodologie déployés dans ce travail de thèse clôturent cette partie.

1. Les systèmes agricoles occidentaux : trois enjeux majeurs

Suite à la seconde guerre mondiale, l'agriculture française s'est adaptée à l'augmentation de la demande alimentaire et aux contraintes sanitaires en se modernisant (mécanisation, utilisation d'énergie fossile, d'intrants chimiques...), avec pour objectif de « nourrir la France ». Ce modèle agricole s'est fondé sur le contrôle des processus biologiques et des aléas de l'environnement, moyennant le recours à des intrants techniques, technologiques et chimiques (Hubert et al., 2013). Les agriculteurs sont ainsi devenus des acteurs du développement économique en insérant les productions au sein du marché. Appuyée par des dispositifs de conseil, de recherche et d'enseignement, et soutenue par des politiques publiques, cette modernisation de l'agriculture a conduit à une standardisation des modes de production (simplification des assolements, etc.) et à une spécialisation des systèmes de production et des territoires (Meynard, 2013; Duru et al., 2014). Cette modernisation a permis d'atteindre, à partir des années 1980, l'autosuffisance alimentaire européenne (Capitaine & Jeanneaux, 2016). Mais elle a une part de responsabilité dans les crises écologiques (changements climatiques, érosion de la biodiversité...), sanitaires (zoonoses telles que les gripes porcines et aviaires), économiques (rentabilité des exploitations agricoles), sociales (préservation de l'emploi), mais aussi sociétales (répondre aux attentes de la société telles que la gestion de l'environnement, le bien-être animal) et territoriales (contribuer au dynamisme des territoires) qui affectent le monde agricole (Claveirole, 2016).

Ces crises appellent aujourd'hui à une transformation profonde des systèmes agricoles et alimentaires (IPES-Food, 2020), et mettent en avant 3 enjeux majeurs :

- Le besoin de mettre en place une approche globale de la santé pour faire face aux interdépendances entre santé humaine et environnement. En effet, l'agriculture est à la fois en partie responsable et affectée par des crises sanitaires et écologiques qui sont notamment l'expression d'une crise de notre rapport au vivant (Duru, 2018).
- La nécessité d'entrer en transition et d'instaurer des systèmes plus vertueux, comme le propose par exemple l'agroécologie (Claveirole, 2016).
- Le besoin d'une meilleure compréhension des problèmes rencontrés sur le terrain et de la manière dont les agriculteurs trouvent les moyens de les résoudre. Cela implique de proposer de nouveaux outils méthodologiques basés sur la « pensée systémique » et intégrant les connaissances du terrain et des agriculteurs (Coquil et al., 2018).

Ces enjeux mettent en avant la nécessité de penser systémique et global, notamment grâce à l'utilisation de la santé comme clé d'analyse pour instaurer des systèmes plus vertueux. Chacun de ces trois enjeux et leurs liens sont explicités dans les paragraphes suivants.

2. Une approche globale de la santé des fermes pour raisonner la transformation des systèmes agricoles

2.1. Pourquoi parler de santé des fermes ?

La crise écologique actuelle, causée par les activités humaines et la croissance démographique, se traduit par des bouleversements climatiques profonds et une érosion de la biodiversité mais aussi par la multiplication de crises sanitaires. Les zoonoses en particulier témoignent de l'expansion géographique de l'activité humaine, de l'agriculture et de l'élevage qui mettent en contact des faunes et des sociétés séparées depuis longtemps. La crise du Covid-19 rappelle ainsi à l'humanité que la santé humaine - définie par l'OMS comme « *un état de complet bien-être physique, mental et social, qui ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité* » - est liée aux écosystèmes. Un être humain ne peut être en bonne santé que si les écosystèmes dans lesquels il évolue sont également en bonne santé (Tilman & Clark, 2014).

L'agriculture, de par son impact sur les écosystèmes, est au cœur de ces défis (figure 1) : la modification de l'utilisation des terres et des mers qui est en grande partie causée par l'expansion agricole, selon l'IPBES (Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques), affecte fortement les écosystèmes (Balvanera et al., 2019). En outre, les émissions de gaz à effet de serre, l'utilisation des ressources (l'élevage utilise 30% des surfaces terrestres disponibles et 10% des précipitations annuelles mondiales) et les rejets d'azote affectent négativement ce que certains auteurs des sciences de l'environnement nomment la santé des écosystèmes (Herrero et al., 2015). Au sein des écosystèmes, l'agriculture influence plus particulièrement trois éléments décrits séparément au sein de la littérature : la santé des sols, la santé des plantes et la santé des animaux d'élevage (Duru, 2018). L'agriculture affecte également la santé humaine - aussi bien des agriculteurs que des consommateurs. D'une part, il s'agit d'assurer la protection de la santé des agriculteurs au travail (notamment via la réduction à l'exposition de substances toxiques). D'autre part, il s'agit de fournir une alimentation saine et de garantir également la préservation de la qualité des eaux (teneur en nitrates et produits phytosanitaires). Par ailleurs les zoonoses, favorisées par l'intensification des pratiques d'élevage, et l'antibiorésistance causée en partie par l'utilisation des antibiotiques en élevage constituent deux enjeux majeurs de la santé humaine.

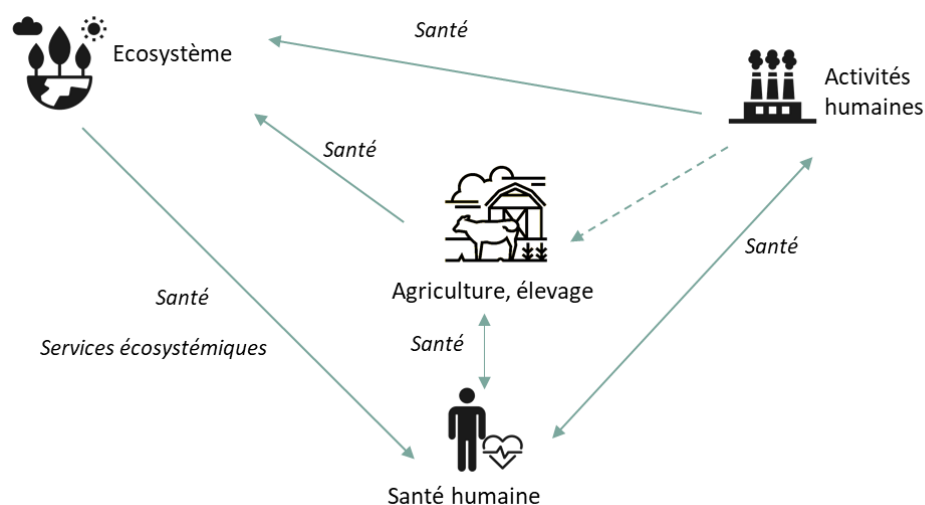


Figure 1 : Liens entre santé humaine, animale, des écosystèmes et l'agriculture (source personnelle)

Face à ces enjeux, une transformation profonde des systèmes alimentaires vers des systèmes alternatifs produisant une alimentation saine et durable est nécessaire. Du fait des interdépendances entre santé humaine, santé des écosystèmes, santé animale et agriculture, il est nécessaire de définir des approches intégrées de la santé. Plusieurs initiatives proposent de considérer les systèmes de production à travers le prisme d'une approche globale de leur santé (Vieweger & Döring, 2015). Une étude portant sur l'agriculture biologique et menée par la fédération internationale des mouvements d'agriculture biologique (IFOAM) a dans cette même optique défini le principe de santé suivant pour l'agriculture biologique : "*l'agriculture biologique doit maintenir et améliorer la santé du sol, des plantes, des animaux, des êtres humains et de la planète, qui sont unis et indivisibles*". Toutefois, pour certains auteurs (Suter, 1993) la santé des écosystèmes, des sols ou des plantes n'est pas une propriété réellement opérationnelle, contrairement aux autres santé (humaines et animale), puisque l'on ne dispose pas de méthodes objectives pour la mesurer. Sans définition claire et consensuelle et sans outils méthodologiques rigoureux pour la mesurer, la santé des écosystèmes risquerait de se limiter à une mode éphémère supplémentaire et une notion vague et subjective dans la pratique (Giraudoux, 2022). Il est donc nécessaire dans un premier temps de se doter d'outils conceptuels et méthodologiques, de bien identifier les différentes composantes de la santé des écosystèmes, et les indicateurs associés.

Plusieurs approches pluridisciplinaires amenant à une collaboration dans un objectif de santé sont en plein essor. Les notions de Planetary Health, Global Health, One Health, EcoHealth, Santé unique sont parmi les plus utilisées.

2.2. *De la prise en compte de quelques disciplines à une approche systémique*

Suite à la mondialisation économique et la multiplication des échanges conduisant au développement des risques pandémiques, l'OMS endosse en 1993 le rôle de coordinateur international pour la santé globale, Global Health. Bien que les définitions soient variées et que l'approche Global Health soit toujours en construction (Koplan et al., 2009; Beaglehole & Bonita, 2010; Fried et al., 2010; Almeida et al., 2013), les principaux auteurs s'accordent sur le fait que les déterminants et les menaces sanitaires dépassent les frontières nationales et sont pour partie liés à la mondialisation et globalisation des marchés, de nos modes de vie occidentaux et de nos façons de produire. Global Health propose une recherche collaborative, interdisciplinaire et transnationale et est définie comme : « *un domaine d'étude, de recherche et de pratiques qui accorde la priorité à l'amélioration de la santé et à la réalisation de l'équité en matière de santé pour tous les peuples du monde* » (Koplan et al, 2009). Global Health s'appuie essentiellement sur des disciplines relevant de la santé publique, de la santé humaine ou des sciences humaines (figure 2).

L'approche Planetary Health a été développée par la Rockefeller Foundation - Lancet commission on Planetary Health suite aux travaux de Rockström et al. (2009) concernant l'anthropocène et les limites planétaires. Elle vise à structurer les recherches sur les interdépendances entre état des écosystèmes locaux, état de la planète et santé humaine, en réinterrogeant les relations entre humain et nature. Planetary Health est définie comme « *la réalisation du plus haut niveau possible de santé, de bien-être et d'équité dans le monde entier grâce à une attention judicieuse portée aux systèmes humains - politiques, économiques et sociaux - et aux systèmes naturels de la Terre qui définissent les limites environnementales dans lesquelles l'humanité peut s'épanouir. En termes simples, la santé de la planète est la santé de la civilisation humaine et l'état des systèmes naturels dont elle dépend* ». La santé humaine occupe une place centrale au sein de cette définition (Horton et al., 2014; Whitmee et al., 2015; Lerner & Berg, 2017). En effet les systèmes naturels ne sont intégrés que pour leurs interdépendances

avec la santé humaine et non pour leur valeur intrinsèque (Horton et al., 2014). La santé publique, la santé humaine et l'économie constituent donc les disciplines essentielles sur lesquelles Planetary Health repose (figures 2 et 4).

Face aux préoccupations sanitaires autour des zoonoses des approches plus systémiques, intégrant notamment la santé animale, ont été développées. Le concept One Health est officiellement apparu en 2008 lorsque l'Organisation Mondiale de la santé (OMS), l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) et l'agence des Nations unie pour l'agriculture et l'alimentation (FAO) ont proposé une collaboration tripartite. La démarche One Health, s'est initialement préoccupée des interdépendances entre santé des animaux (domestiques et sauvages) et santé humaine grâce à la combinaison de médecines humaines et vétérinaires (Lerner & Berg, 2015; Roger et al., 2016). One Health a pour objectif « *d'améliorer la santé et le bien-être par la prévention des risques et l'atténuation des effets des crises qui trouvent leur origine à l'interface entre les humains, les animaux et leurs différents environnements* » (Whitmee et al., 2015). Elle s'est peu à peu élargie pour inclure la santé des écosystèmes et constituer une collaboration entre de multiples disciplines- à l'échelle locale, nationale et mondiale (Vieweger & Döring, 2015). La protection de la santé des vertébrés reste au centre des préoccupations (Zinsstag, 2012; van Helden et al., 2013), One Health est donc essentiellement mise en œuvre par les vétérinaires (60% des travaux concernent ce champ disciplinaire), en se focalisant sur les enjeux de zoonoses et d'antibiorésistance. Les champs disciplinaires concernés relèvent principalement de la médecine vétérinaire, mais intègrent aussi la santé humaine, et les sciences économiques et sociales (figures 2 et 4). L'apparition récente d'une nouvelle définition, par l'OHHLEP (One Health High Level Expert Panel) pourrait cependant faire évoluer les domaines d'application et les disciplines impliquées. En effet, cette nouvelle définition considère One Health comme une « *approche intégrée et unificatrice qui vise à équilibrer et à optimiser durablement la santé des personnes, des animaux et des écosystèmes* ». Elle reconnaît que la santé humaine, la santé animale (sauvage et domestique) les plantes et l'environnement, à travers les écosystèmes et la biodiversité, sont éminemment liés et interdépendants (OHHLEP, 2021).

Au début des années 2000, une autre approche globale de la santé donnant une importance écologique aux maladies infectieuses émergentes a été développée : EcoHealth. Ce concept cherche à promouvoir la santé des humains, des animaux et des écosystèmes et à mener des recherches intégrant les liens entre la santé des espèces et leur environnement. EcoHealth analyse les facteurs de risques socio-économiques et environnementaux pour la santé humaine (Lerner & Berg, 2017), et reconnaît que santé et bien-être ne peuvent pas être maintenus sur une planète dont les ressources sont en cours d'épuisement et polluées. Waltner-Toews, (2009) suggère que la santé des écosystèmes vise à "*assurer la santé et le bien-être durables des Hommes et des animaux, grâce à des écosystèmes plus sains*". Une grande partie de la recherche au sein d'EcoHealth porte sur les maladies non transmissibles et les questions de santé, y compris liées à la pollution (exploitation minière, produits agrochimiques), l'alimentation et la nutrition (Charron, 2012). Au sein d'EcoHealth, la transdisciplinarité occupe une part importante avec des disciplines issues des sciences naturelles (gestion des écosystèmes, médecine vétérinaire...), des sciences sociales (anthropologie, philosophie...) et de la santé (médecine humaine, géographie de la santé...). Cette transdisciplinarité permet d'atteindre une compréhension globale des phénomènes écologiques et de santé ainsi que de leurs problématiques associées (Leung et al., 2012) (figures 2 et 4).

En 2019 Duru et Théron ont proposé leur propre cadre d'approche globale de la santé, combinant les concepts de One Health, EcoHealth et Planetary Health, qu'ils ont nommé santé unique. Ce concept permet de représenter les relations complexes entre l'état et le fonctionnement des écosystèmes et la santé humaine. La santé unique relie sept objets, qualifiés de « domaines de santé » : écosystèmes à l'échelle du paysage, du biome et de la biosphère ; sol ; plante ; animal et Homme. Les paramètres

majeurs de la santé définis sont la production de biens agricoles et les services écosystémiques, les cycles biogéochimiques, les choix alimentaires et l'exposition aux contaminants (figure 2) (Duru & Therond, 2019). En outre, trois principes clefs sont à considérer pour favoriser la santé unique :

- Le développement de systèmes agricoles biodiversifiés permettant de promouvoir toute une gamme de services écosystémiques.
- Le bouclage des cycles biogéochimiques par les échanges de matières.
- La production, l'accessibilité et le développement d'une pratique et une culture de l'alimentation et des conditions de vie saines pour les animaux et les êtres humains. Le concept de santé unique inclut donc les domaines de santé de l'environnement, des animaux et de des êtres humains et intègre des disciplines scientifiques suivantes : santé humaine, médecine vétérinaires, sciences environnementales, sciences agronomiques, sciences zootechniques, sciences du sol, sciences du végétal (figures 2 et 4).

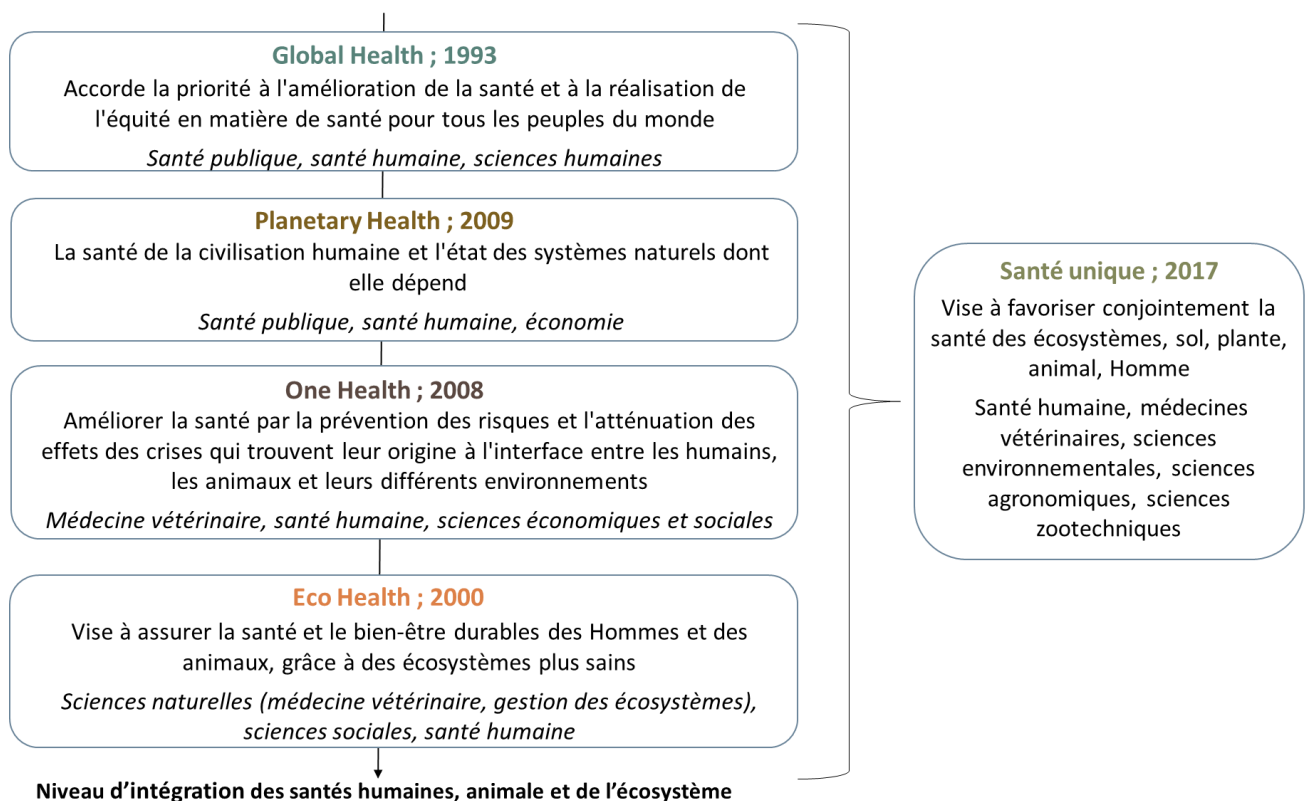


Figure 2 : Intégration des santés humaine, animale et des écosystèmes au sein des différentes approches globales de la santé (source personnelle)

2.3. De l'échelle mondiale à une mise en œuvre locale

Les échelles d'application sont diverses au sein de ces concepts. L'objectif de Global Health est de donner un accès équitable à la santé pour toutes les populations et dans toutes les régions du monde (Macfarlane et al., 2009), sa mise en œuvre se veut donc mondiale, tout comme celle de Planetary Health qui est axée sur l'atténuation et la réaction aux menaces pour la santé et le bien-être de la civilisation humaine tout entière (figure 3). La santé unique concerne différents niveaux d'échelles, de la biosphère aux écosystèmes. Elle a par exemple été utilisée pour étudier des systèmes agricoles biodiversifiés tels que l'agriculture biologique, l'agriculture de conservation des sols...) ou encore les systèmes d'élevages

intensifs européens qui utilisent du soja américain (Duru & Therond, 2019) (figure 3). One Health est mis en œuvre à des échelles plus locales, notamment dans le cadre de zoonoses apparaissant dans des territoires plus spécifiques comme ce fut le cas pour la gestion de la brucellose dans le Bary (Gilot-Fromont et al., 2021) (figure 3). Au sein d'EcoHealth les approches participatives citoyennes sont donc particulièrement développées, ce qui permet de mettre en œuvre des solutions locales construites avec les acteurs concernés et des experts pour accompagner (Charron, 2012; Anticono et al., 2013) (figure 4). De nombreuses études portent sur la mise en place de l'approche EcoHealth, chacune mettant en avant l'utilisation de démarches participatives mais, du fait de la diversité d'interprétation de la mise en œuvre de cette approche, les sujets, méthodologies, résultats et recommandations sont variés. Son cadre conceptuel nécessite donc d'être clarifié.



Figure 3 : Différents niveaux d'échelle pour l'application des approches de santé globale (source personnelle)

2.4. Vers une opérationnalité pour les systèmes agricoles, notamment à l'échelle de la ferme

Si ces différents concepts s'appliquent à des échelles différentes, celle de la ferme semble particulièrement adaptée à une approche globale de la santé en agriculture. En effet, une exploitation agricole constitue un système en tant que tel - un système étant un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisé en fonction d'un but (de Rosnay, 1975; Le Moigne, 1990). De plus, c'est au sein des exploitations agricoles que les agriculteurs prennent leurs décisions, expérimentent au quotidien et construisent leur réalité et que les interactions entre humains et non-humains (animaux, végétaux, environnement...) se font. En outre, les pratiques mises en place affectent l'ensemble de l'écosystème local et donc les santé humaine, animale et de l'écosystème. En 2016, Lacombe et Hazard ont proposé une définition de la santé de l'agroécosystème : il s'agit d'un système agricole « ayant trouvé équilibre entre stabilité et résilience : c'est-à-dire un système capable, selon la situation dans laquelle il se trouve, de maintenir une forme de continuité dans son fonctionnement et de se ré-organiser face à des perturbations importantes pour rétablir ses fonctions premières ». Un agroécosystème sain est donc un système autonome (aussi bien en termes d'utilisation des intrants que décisionnelle), résilient et optimisant les processus écologiques pour produire des services écosystémiques. Face au manque de connaissances sur le fonctionnement des agroécosystèmes, et les difficultés à développer des recherches participatives efficaces, le concept de santé des agroécosystème reste assez peu opérationnel à ce jour (Lacombe & Hazard, 2016)

L'application d'une approche de santé à l'échelle de la ferme nécessite que les concepts existants proposent des démarches de mise en œuvre et des préconisations concrètes. Or, ce n'est pas le cas des approches Global Health et Planetary Health qui sont en outre deux approches « individu-centrée » et « médecine-centrée » (Morand et al., 2020). L'approche One Health reste un concept peu intégrateur dans

ses travaux, la communauté scientifique a mis l'accent sur la nécessité d'élargir ce concept pour qu'il englobe non seulement la santé humaine et animale, mais aussi la biodiversité (notamment la santé des plantes), l'écologie, le changement climatique, les systèmes agricoles et diverses sciences sociales (Keune et al., 2016; Morand et al., 2020). L'évolution de sa définition (OHHLEP, 2021), plus intégrative, devrait permettre de rendre One Health plus opérationnel pour les systèmes de production agricole, même si le manque de production de normes spécifiques pour la santé humaine ou animale ne favorise pas la mise en œuvre de ce concept. Le concept de santé unique a été utilisé pour analyser des filières mais pas encore à l'échelle de la ferme. Toutefois, son découpage en domaines de santé précis (sols, plantes, troupeau, Homme) permet d'appliquer ce concept à l'échelle de la ferme.

Un second point nécessaire pour la mise en œuvre d'une approche globale de la santé est l'intégration du terrain et de ses acteurs. En effet, certains auteurs revendiquent le besoin d'impliquer les acteurs locaux (les agriculteurs dans notre étude) dans la construction des indicateurs d'évaluation de la santé afin que les indicateurs aient un sens dans les actions quotidiennes des agriculteurs et ainsi que ces derniers deviennent acteurs du maintien de cette santé (Bunch & Waltner-Toews, 2015; Bardosh et al., 2017). Ainsi, contrairement aux autres approches de la santé, EcoHealth propose une méthodologie qui permet de prendre en considération les connaissances locales grâce à l'apport de disciplines des sciences sociales, comme l'anthropologie, au sein de cette approche transdisciplinaire (Harrison et al., 2019) (figure 4). Du fait de cette méthodologie, EcoHealth repose sur une position épistémologique constructiviste ce qui se traduit par le recours à des démarches participatives, avec les acteurs de terrain (Harrison et al., 2019). Cela facilite la mise en place d'actions dans la perspective d'une approche globale de la santé. Toutefois, pour réellement favoriser le développement et la mise en place d'EcoHealth, une clarification de sa définition, de son cadre conceptuel est nécessaire. En effet, il n'existe pas de définition universelle faisant consensus, d'autant plus que l'approche large et holistique proposée ne facilite pas la compréhension et l'application de ses principes de manière uniforme entre les chercheurs et les praticiens du monde entier (Pham et al., 2018). One Health et Ecohealth possédant de nombreuses similitudes – approches collaboratives, systémiques et à l'interface des santés humaine, animale et de l'écosystème - certains auteurs appellent à une convergence de ces deux concepts pour favoriser leur dissémination et mise en place (Zinsstag, 2012; Roger et al., 2016). Mais cela nécessite des discussions concernant les positions épistémologiques des deux approches : constructivisme pour EcoHealth alors que l'épistémologie de One Health est moins clairement définie mais se rapproche du positivisme (Harrison et al., 2019).

Le concept de santé unique ayant été peu mis en œuvre, et faisant l'objet de peu de travaux, la méthodologie déployée et la position épistémologique ne sont pas explicitées et nécessitent d'être précisées pour déployer ce concept sur le terrain. En outre, bien qu'il s'agisse du concept le plus opérationnel à l'échelle de la ferme, son cadre d'analyse ne propose pas explicitement d'impliquer les acteurs du terrain. L'utilisation d'une démarche participative et intégrant les connaissances des acteurs locaux, comme proposé dans l'approche EcoHealth, permet donc de faciliter la mise en œuvre du concept de santé unique sur le terrain.

Formaliser une approche de la santé des fermes nécessite de la tester et donc de l'appliquer sur des fermes. Pour ce faire, nous avons choisi de le mettre en application sur des fermes laitières en agroécologie.

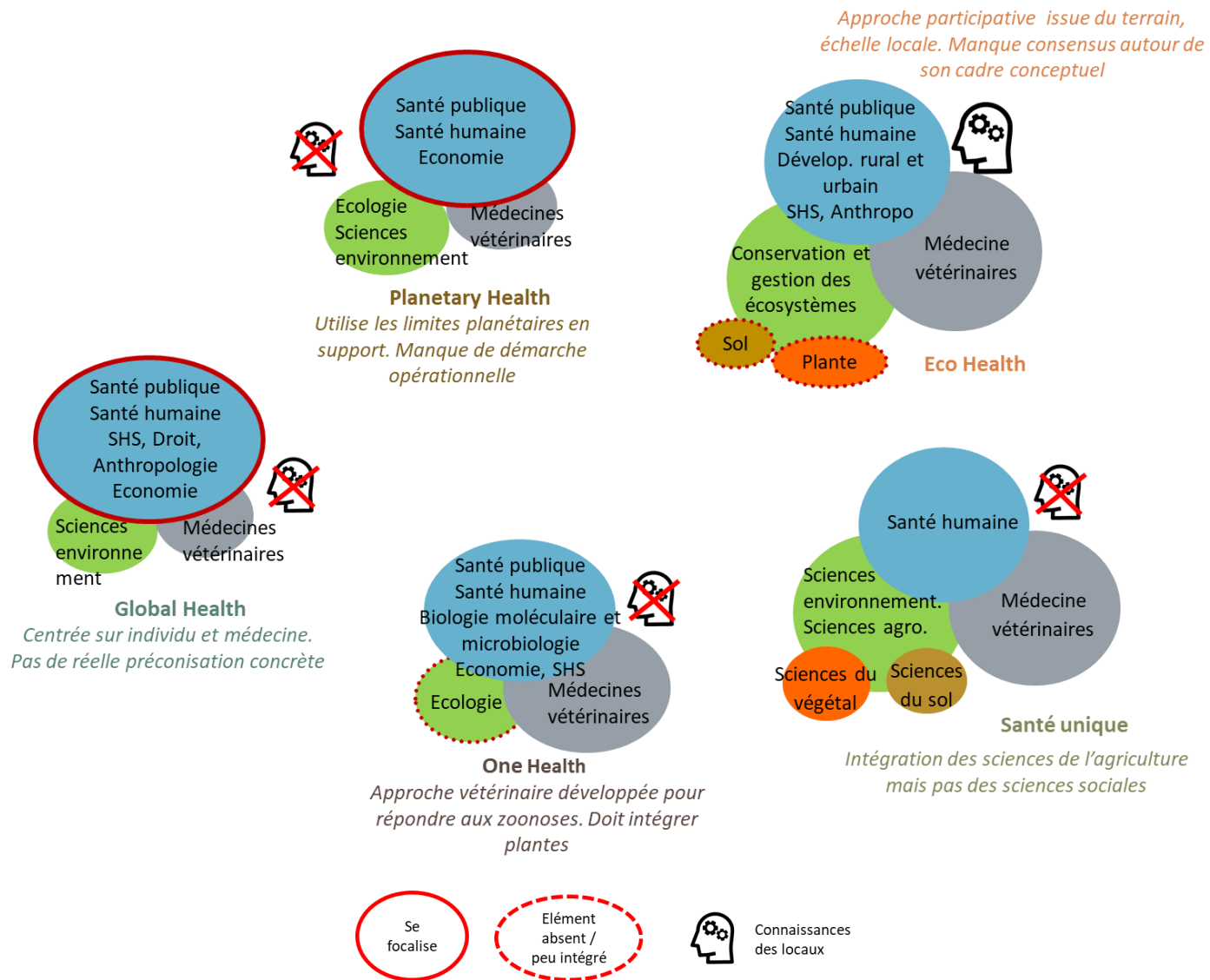


Figure 4 : Représentation des différents concepts d'approche globale de la santé (source personnelle)

En résumé :

Global Health, Planetary Health, One Health, EcoHealth et santé unique sont des concepts présentent des spécificités concernant le niveau d'intégration des santés de l'Homme, de l'animal et de l'environnement mais aussi les disciplines scientifiques impliquées (Lerner & Berg, 2017) et l'éventuelle intégration des connaissances locales, des actants. Global Health et Planetary Health étant les deux concepts les plus anthropocentrés. One Health reste focalisé essentiellement sur les vertébrés et l'étude des zoonoses, en intégrant trop peu les végétaux et le sol. EcoHealth ne propose pas de réel cadre théorique et prend peu en compte les plantes mais est la seule à intégrer les connaissances locales des acteurs. L'approche de santé unique développée par Duru et Therond propose le cadre le plus opérationnel à l'échelle de la ferme car c'est le plus décomposé et le seul qui intègre des sciences de l'agriculture.

3. Les systèmes d'élevage agroécologiques permettent d'explorer la santé des fermes

3.1. *Les crises agricoles et enjeux sanitaires : nécessité de changer de modèle et de rentrer en transition*

Une littérature importante montre en quoi et comment l'intensification post seconde guerre mondiale engendre de nombreux défis auxquels l'agriculture doit faire face : sanitaire, économique (rentabilité des exploitations agricoles), environnementaux, social (préservation de l'emploi), mais aussi sociétal (répondre aux attentes de la société tel que la gestion de l'environnement, le bien-être animal) et territorial (contribuer au dynamisme des territoires) (Claveirole, 2016).

Ces constats sont largement à l'origine du projet politique de la transition agroécologique (TAE), porté par le ministère de l'Agriculture (2012). Il appelle à une transition majeure pour des pratiques plus durables, notamment dans les systèmes d'élevage.

3.2. *Historique et évolution des définitions de l'agroécologie*

L'emploi du terme agroécologie est actuellement en plein essor, et ce partout dans le monde, mais il s'agit d'un terme présent dans la littérature scientifique internationale depuis près d'un siècle.

L'agroécologie est une science née au carrefour de l'agronomie et de l'écologie qui apparait pour la première fois en 1929 dans un ouvrage d'un agronome Basil M. Bentsin (1881-1973) (Hollard et al., 2012). Il la définit comme « *l'écologie appliquée à l'agriculture* », faisant écho à la définition qui sera proposée par Stéphane Hénin en 1971 « *Ecologie appliquée à l'agriculture et à l'aménagement du milieu* ». L'agroécologie a alors pour objectif de produire des connaissances et des pratiques limitant les effets négatifs de l'agriculture et donc de la rendre plus durable. L'agroécologie dépasse l'échelle de la parcelle pour s'intéresser à l'exploitation agricole. Les travaux sur l'agroécologie vont par la suite se multiplier et proposer, outre de limiter les impacts négatifs de certaines pratiques agricoles, de créer également des propositions alternatives pour mettre en place des transitions. Elle est définie par Altieri (1986) et Gliessman (1998) respectivement comme « *une approche de la production alimentaire essayant d'assurer des rendements durables par l'utilisation de techniques de gestion écologiquement saines* » (Altieri, 1986) et « *l'application de l'écologie à l'étude, la conception et la gestion des agrosystèmes durables* » (Gliessman, 1998). En cela l'agroécologie peut se comprendre comme une

science des processus écologiques appliquée à l'agriculture, et plus particulièrement à l'échelle de l'exploitation (figure 5).

Dans les années 2000, la définition de l'agroécologie s'est étendue à l'ensemble du système alimentaire, appréhendé dans ses multiples dimensions (Stassart et al., 2012) (figure 5). Francis et al. (2003) la considèrent comme une « *étude intégrative de l'écologie du système alimentaire dans son ensemble, le substrat scientifique d'un développement durable pensé sur le long terme, sans hiérarchie entre dimensions économiques, sociales, culturelles, environnementales* ». Les définitions contemporaines de l'agroécologie ont donc évolué pour désormais prendre en compte la multiplicité des enjeux et des acteurs concernés par une transformation de l'agriculture (Doré & Bellon, 2019). Elle consiste à intégrer les dimensions sociales, politiques et économiques (Stassart & Jamar, 2008). C'est notamment cette visée sociale qui marque la différence avec l'intensification écologique (Tichit & Dumont, 2016). Cette vision permet d'aboutir à une nouvelle définition de l'agroécologie : « *L'agroécologie est l'application de l'écologie à l'étude, la conception et la gestion des systèmes agroalimentaires. Elle est par définition une pratique interdisciplinaire qui implique une redéfinition des frontières scientifiques et sociales, ce qui constitue un défi intellectuel majeur pour la recherche en agronomie* » (Buttel, 2003). L'agroécologie permet de reconceptualiser les agrosystèmes pour produire plus durablement avec moins d'intrants, moins de surexploitation des ressources et moins d'externalités environnementales ou sociales négatives (Bonny, 2010; Tichit & Dumont, 2016). Pour cela, elle s'appuie sur la compréhension des processus écologiques et elle favorise les interactions et synergies biologiques bénéfiques entre les composantes des agrosystèmes.

Une nouvelle étape, à partir des années 2008-2009, élargit encore davantage la définition de l'agroécologie en intégrant les rapports entre production alimentaire et société : « *l'agroécologie n'est définie ni exclusivement par des disciplines scientifiques, ni exclusivement par des mouvements sociaux, ni exclusivement par des pratiques* (Wezel et al., 2009). *Elle est appelée à devenir un concept fédérateur d'action intermédiaire entre ces trois dimensions* ». Citoyens, consommateurs, acteurs sociaux peuvent suggérer ou modifier les questions agroécologiques. Plus récemment, des agroécologues ont adopté une posture plus radicale afin de développer des alternatives au pouvoir politique et économique qui a créé des verrouillages empêchant une transformation des systèmes alimentaires. Cette vision a notamment été portée par Gliessman (2015) pour qui désormais « *l'agroécologie est l'intégration de la recherche, de l'éducation, de l'action et du changement qui apporte la durabilité à toutes les composantes du système alimentaire : écologique, économique et social* ». Par ailleurs, pour certains auteurs, elle constitue la voie à privilégier pour nourrir le monde (Pretty, 2008).

L'agroécologie a donc évolué d'une zone d'étude limitée à l'échelle des parcelles pour s'intéresser ensuite à l'exploitation agricole et finalement concerner l'ensemble des systèmes alimentaires et aujourd'hui prendre en compte le rapport entre science et société. La définition la plus communément admise à l'heure actuelle est celle proposée par Wezel et al. (2009) qui admet que l'agroécologie constitue une discipline scientifique mais également un mouvement social et un ensemble de pratiques (figure 5).

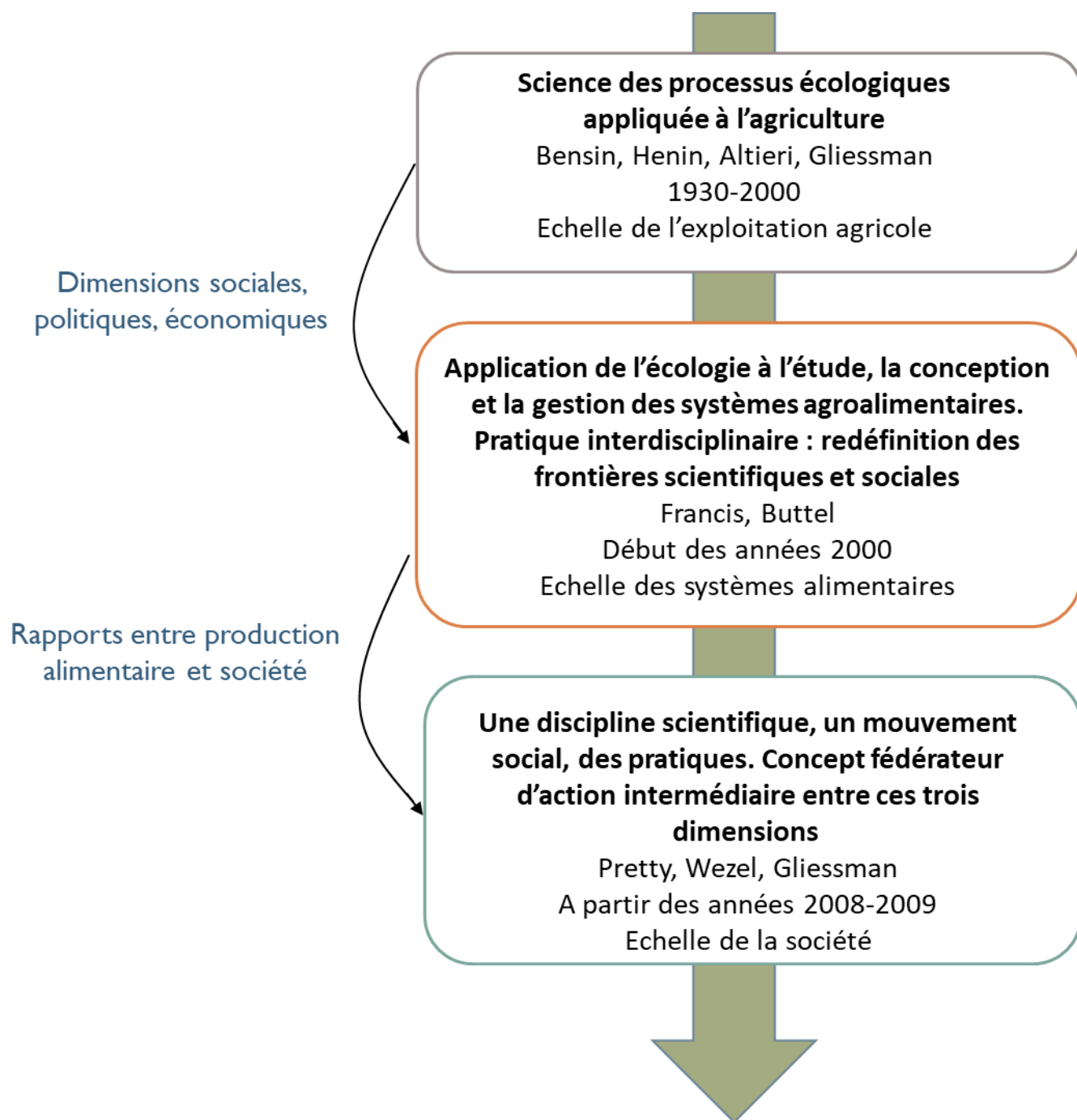


Figure 5 : Evolution des définitions de l'agroécologie, désormais définie comme discipline scientifique, mouvement social et ensemble de pratiques (Stassart et al., 2012; Doré & Bellon, 2019)

Le mot « agroécologie » est aujourd'hui, un concept qui donne une orientation – possédant notamment des propriétés telles que l'élasticité, la résilience, la robustesse, la flexibilité et l'adaptation (Milestad et al., 2012) - mais dont la définition demeure polysémique (Stassart et al., 2012). Si un consensus existe sur le fait que les systèmes agroécologiques s'appuient plus fortement sur le maintien et le renforcement des régulations biologiques et des interactions écologiques, cette rupture vis-à-vis des fermes conventionnelles peut prendre des formes contrastées et l'agroécologie recoupe donc des systèmes très différents. Ainsi, plusieurs modèles et cadres de pensée coexistent et se revendiquent de l'agroécologie, comme l'agriculture biologique, l'agriculture de conservation, l'agriculture de précision, l'agriculture écologiquement intensive etc. (Tichit & Dumont, 2016). Aussi, si les aspects conceptuels de l'agroécologie sont bien renseignés, cette polysémie peut entraîner une incompréhension entre plusieurs acteurs du monde agricole tels que les agriculteurs et les chercheurs. Il existe alors un risque qu'à long terme ce terme ne serve que d'étiquette ou de slogan pour qui veut affirmer son caractère progressiste et ne pas apparaître conservateur, et qu'il ne recouvre plus aucune réalité conceptuelle ou pratique (Doré & Bellon, 2019). La mise en pratique concrète de ce concept sur le terrain est donc d'autant plus complexe et s'appuie sur des principes multiples.

3.3. *L'agroécologie se définit par des principes*

L'agroécologie est donc une science née au carrefour de l'agronomie et de l'écologie. Afin de la rendre concrète, tout en respectant la diversité de définitions et trajectoires cinq principes initiaux ont été définis (Altieri, 1995) :

- optimiser les flux de nutriments et le recyclage de la biomasse ;
- gérer la matière organique du sol et stimuler son activité biotique ;
- minimiser les pertes en termes d'énergie solaire, d'eau et d'air par une gestion microclimatique et par une protection du sol ;
- diversifier les espèces et les variétés génétiques cultivées dans le temps et dans l'espace ;
- accroître les interactions et les synergies biologiquement bénéfiques entre les cultures et avec ce qui les environne, l'ensemble devenant un agroécosystème.

La définition de ces principes permet d'appliquer la TAE aux différents systèmes de production. Cependant c'est plus particulièrement au sein des systèmes de cultures que l'agroécologie s'est développée. Très peu de publications concernent les systèmes agroécologiques en élevage, les premières datant de 2007 lorsque Gliessman s'intéresse à la manière dont l'animal est intégré au sein des de ces systèmes. C'est en 2013 que Dumont *et al.*, ont défini cinq principes pour les systèmes d'élevage, d'un point de vue zootechnicien, inspirés de ceux des systèmes élaborés par Altieri (figure 6).

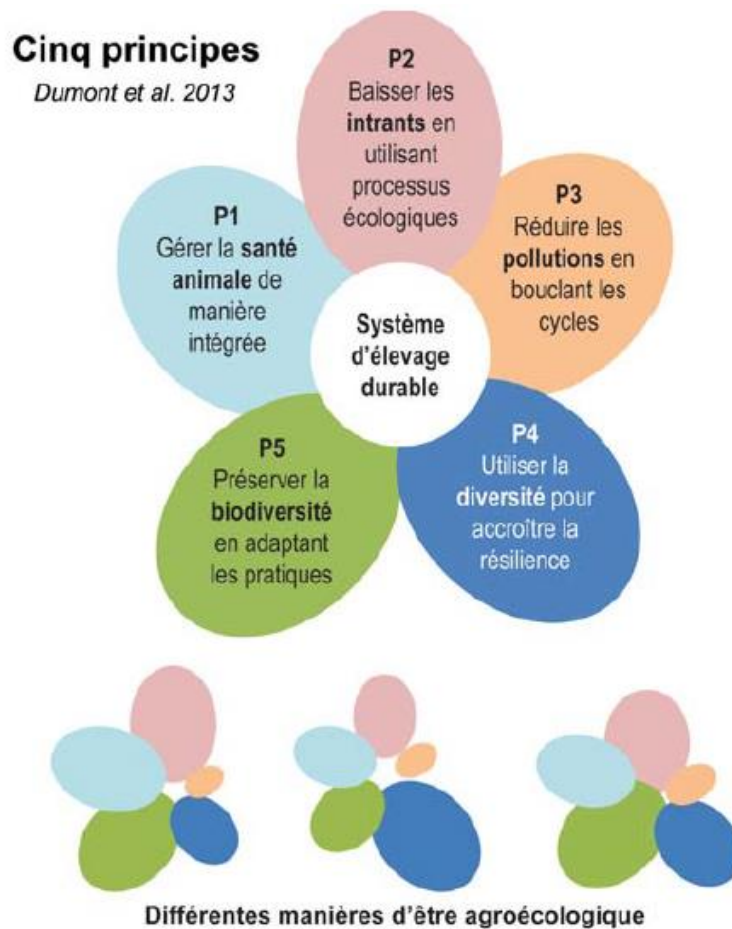


Figure 6 : Les 5 principes agroécologiques de l'élevage (B. Dumont et al., 2013)

Ces 5 principes sont :

- la gestion intégrée de la santé animale ;
- la réduction des pollutions ;
- la diminution des intrants ;
- l'utilisation de la diversité pour accroître la résilience ;
- la préservation de la biodiversité (Dumont et al., 2013).

En 2014 des agronomes, Wezel et Peeters, ont proposé une classification selon six groupes de principes pour caractériser les systèmes agroécologiques pour les élevages avec des ruminants :

- connaissances, culture et aspects sociaux-économiques des agriculteurs (a) ;
- conservation et gestion de la biodiversité (b) ;
- gestion des ressources (c) ;
- gestion des systèmes (d) ;
- alimentation et santé (e) ;
- relation sociales dans la société (f).

Ces six groupes de principes sont explicités dans la figure 7.



Figure 7 : Principes caractérisant les systèmes d'élevage de ruminants en agroécologie, d'après (Wezel & Peeters, 2014)

Les six groupes de principes définis par Wezel et Peeters ne sont pas contradictoires avec ceux établis en 2013 par Dumont et al., ces derniers étant plus spécifiques et techniques dans leur mise en œuvre. Cela témoigne d'approches disciplinaires différentes (agronomie vs zootechnie).

La définition de l'agroécologie ayant évolué pour intégrer des dimensions sociales, économiques et politiques, des principes méthodologiques et socioéconomiques ont été formulés ; ils ancrent davantage l'agroécologie comme une pratique multi-échelles et interdisciplinaire (tableau 1) (Hubert, 2002; W. Jackson, 2002; L. Jackson et al., 2009; Van der Ploeg, 2009; Pimbert et al., 2010; Weiner et al., 2010; Wittman et al., 2010; Stassart et al., 2012; Tichit & Dumont, 2016) .

Tableau 1: Présentation des principes de l'agroécologie

Définition Agroécologie	Principe	Auteurs	Discipline	Echelle
Agroécologie comme discipline scientifique Principes techniques définis par les zootechniciens et agronomes	Santé animale intégrée	Dumont et al., 2013 (P1)	Zootechnie	Troupeau
	Diminution des intrants : s'appuie sur les processus écologiques	Dumont et al., 2013(P2) Wezel et Peters, 2014 (c,d)	Zootechnie Agronomie	Exploitation agricole
	Diminution des pollutions en bouclant les cycles	Dumont et al., 2013 (P3) Wezel et Peters, 2014 (c)	Zootechnie Agronomie	Exploitation agricole
	Utilise la diversité pour favoriser la résilience	Dumont et al., 2013 (P4) Wezel et Peters, 2014 (b,d)	Zootechnie Agronomie	Exploitation agricole
	Préserve la biodiversité en adaptant les pratiques	Dumont et al., 2013 (P5) Wezel et Peters, 2014 (b)	Zootechnie Agronomie	Exploitation agricole
Agroécologie comme mouvement social, intégration de dimensions sociales, économiques et politiques Principes définis par des agronomes, chercheurs en socio-économie	Utiliser l'agrobiodiversité comme point d'entrée pour la reconception de systèmes assurant l'autonomie et la souveraineté alimentaires	Jackson et al., 2009	Zootechnie Agronomie	Exploitation agricole
	Principes méthodologiques : Approches multicritères à des échelles des temps variés, Valoriser la variabilité spatio-temporelle, Etude des alternatives	Tichit et al., 2010 Weiner et al., 2010	Zootechnie Agronomie Economie	Recherche
	Principes socio-économiques : Recherche participative, Création de connaissance via des réseaux multi acteurs, Encourager l'autonomie décisionnelle des agriculteurs et l'autonomie financière Valoriser la diversité des savoirs locaux Proximité géographique entre les acteurs Durabilité et adaptabilité face aux aléas socio-économiques	Nicholls et Altieri, 2012 Stassart et al., 2012 Wezel et Peters, 2014 (a,e,f)	Zootechnie Agronomie Economie Sciences humaines et sociales	Exploitation agricole Système alimentaire Recherche

Des études de cas montrent des écarts entre les principes populaires au sein de la littérature scientifique et les principes effectivement mis en pratique sur le terrain (Dumont et al., 2015). Cela démontre l'importance, comme le souligne d'ailleurs l'un des principes socio-économiques de l'agroécologie, d'intégrer les connaissances des différents acteurs de la transition agroécologique, dont les agriculteurs.

Par ailleurs, plutôt que d'examiner chaque principe séparément, et de manière non contextualisée, Dumont et al. (2015) mettent en avant la nécessité d'analyser la mise en œuvre conjointe et commune des différents principes. Cela permet de renforcer la cohérence du système. Il est nécessaire d'adapter l'équilibre de ces différents principes selon les caractéristiques du système d'élevage mis en place. C'est donc bien la cohérence d'un système qui doit être examinée, et non pas une étude de la mise en pratique de chaque principe indépendamment les uns des autres. L'agroécologie ainsi présentée par certains auteurs permet de concilier production agricole et gestion des ressources et peut se poser comme le modèle à mettre en place pour nourrir l'humanité (Pretty, 2008).

3.4. *Qui se traduisent par des pratiques et des outils...*

Des études montrent que la mise en œuvre de l'agroécologie sur les fermes se traduit par la mise en place de pratiques différentes de celles des systèmes plus intensifs. En élevage, ces nouvelles pratiques sont diverses (Dumont et al., 2013; Wezel & Peeters, 2014) ; les principales pratiques référencées au sein de la littérature scientifique sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Exemples de pratiques de gestion relevant de l'agroécologie (Dumont et al., 2013 ; Wezel & Peeters, 2014)

Principe	Echelle	Pratiques
Santé animale intégrée	Troupeau	Contrôle intégré des maladies Races adaptées Médecines alternatives dans la mesure du possible Espèce fourragères riches en tanins
Diminution des intrants : s'appuie sur les processus écologiques	Exploitation agricole	Diversité et rotation des cultures, intégration de légumineuses Travail du sol simplifié Gestion de la fertilisation organique
Diminution des pollutions en bouclant les cycles	Exploitation agricole	Diversité et rotation des cultures Intégration des arbres Travail du sol simplifié Gestion de la matière organique
Utilise la diversité pour favoriser la résilience	Exploitation agricole	Diversité des espèces et des races Intégration des arbres Diversité des espèces prairiales
Préserve la biodiversité en adaptant les pratiques	Exploitation agricole	Combiner différents types utilisation des prairies Méthode de pâturage multifonctionnelle Adapter le chargement au pâturage Diversité et rotation des cultures
Utiliser l'agrobiodiversité comme point d'entrée pour la reconception de systèmes assurant l'autonomie et la souveraineté alimentaires	Exploitation agricole	Intégration arbre Autosuffisance en fourrage : utilisation de fourrage et aliments locaux Coopération entre cultivateurs et éleveurs
Principes méthodologiques : Approches multicritères ; Valoriser la variabilité spatio-temporelle ; Etude des alternatives	Recherche	

Principes socio-économiques : Recherche participative, Création de connaissance via des réseaux multi acteurs, Encourager l'autonomie décisionnelle des agriculteurs et l'autonomie financière	Exploitation agricole	
---	-----------------------	--

Les pratiques énoncées permettent de mettre en application un grand nombre de principes relevant de l'agroécologie mais certains principes socio-économiques tels que la valorisation de la diversité des savoirs locaux ou la proximité géographique entre les acteurs ne se traduisent pas, à l'heure actuelle, par des pratiques formalisées (tableaux 1 et 2). En outre, il n'existe pas de modèle unique, de références ou d'indicateurs pour la mise en pratique de ces cinq piliers, des propositions mettent en avant la nécessité de les mettre en pratique simultanément. Il est donc nécessaire d'adapter l'équilibre de ces différents principes selon les caractéristiques du système d'élevage mis en place (Dumont et al., 2013). Cette absence de référence consensuelle rend difficile l'identification de fermes agroécologiques sur le terrain et freine son développement. Ainsi certains outils ont été développés pour estimer le degré d'engagement d'une ferme dans un projet. Le diagnostic agroécologique des exploitations agricoles a été développé par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation en s'appuyant plus particulièrement sur les pratiques de gestion mises en œuvre et les performances économiques, environnementales et sociales des fermes. Une synthèse estime alors le degré d'engagement dans un système agroécologique. Un outil pour l'évaluation de la performance de l'agroécologie, nommé TAPE, a également été développée par la FAO (2021) afin de proposer un cadre analytique mondial et une base de données visant à évaluer les performances multidimensionnelles de l'agroécologie. Ce cadre peut se déployer à différentes échelles : la ferme/le ménage constitue l'unité de mesure élémentaire de l'outil mais les résultats obtenus peuvent alors être agrégés à l'échelle du territoire qui constitue une échelle pertinente puisqu'un certain nombre de processus nécessaires à la transition agroécologique se déroulent à cette même échelle. Ces outils proposent ainsi des premières pistes pour aider à l'identification de fermes agroécologiques sur le terrain. L'agroécologie est donc à la fois d'un cadre conceptuel fondé sur un ensemble de principes et une gamme de pratiques qui peuvent être utilisées dans différentes combinaisons pour améliorer la résilience et la durabilité des systèmes agricoles (Silici, 2014). Cette caractérisation, sur le terrain, des fermes relevant de l'agroécologie doit cependant être poursuivie.


















Parmi toutes les pratiques relevant de l'agroécologie, la gestion du pâturage est au cœur des systèmes agroécologiques, les prairies constituant notamment la base des systèmes alimentaires. En effet, elles garantissent une autonomie en fourrage et en protéines, et réduisent les coûts de production par rapport aux systèmes fondés sur l'utilisation de concentrés commerciaux (Réseau CIVAM, 2019). Elles contribuent également au bien-être et à la santé des troupeaux et à la fertilité des sols (prairie temporaires, légumineuses fixatrices d'azote...). Les produits issus de systèmes herbagers sont plus sains pour la santé humaine que les produits à base de céréales : la teneur en Omega 3 est plus que doublée par une alimentation des ruminants à l'herbe plutôt qu'à base de maïs ensilage (Couvreur et al., 2006; Van Elswyk & McNeill, 2013). Il est également possible de favoriser les productions locales ou les circuits courts pour réduire les dépenses énergétiques liées au transport, maintenir l'emploi, favoriser le lien avec les consommateurs et augmenter les revenus des agriculteurs.

L'agroécologie entraîne également une évolution du rapport au monde des agriculteurs. En effet, si le modèle agricole actuel est en partie responsable des crises auxquelles l'agriculture doit faire face alors le fonctionnement actuel des éleveurs et leur rapport à la nature sont également remis en cause.

3.5. ...en lien avec la santé de la ferme

Un système agricole qui relève de l'agroécologie est donc un système résilient, qui s'adapte au milieu, utilise la biodiversité comme une ressource pour produire de manière économe et autonome, entraînant l'application de nouvelles pratiques. Les systèmes agroécologiques intègrent donc la protection et le soin comme principe central. Ainsi, en s'appuyant sur les milieux, en limitant les intrants et l'épuisement des ressources, en favorisant la diversité et les services écosystémiques l'agroécologie favorise la santé des sols, des plantes, des animaux et des êtres humains. La santé d'un agroécosystème notamment « *sa capacité à développer et auto-entretenir la production d'une diversité de services écosystémiques* » s'inscrit en général dans une perspective agroécologique des systèmes agricoles (Lacombe & Hazard, 2016). L'agroécologie est donc un modèle qui répond à des approches globales de la santé. L'ensemble est synthétisé dans le tableau 3.

Tableau 3 : Liens entre principes, pratiques agroécologiques et santé

Principe	Pratiques	Lien avec la santé	
Santé animale intégrée	Contrôle intégré des maladies, Races adaptées Médecine alternatives...		Principe qui cherche à favoriser la santé animale
Diminution des intrants	Diversité et rotation des cultures, légumineuses Travail du sol simplifié...	 	Fait appel aux services écosystémiques des sols et des plantes et donc à leur santé
Diminution des pollutions en bouclant les cycles	Diversité et rotation des cultures, arbres Travail du sol simplifié...	  	La diminution des pollutions favorise la santé des écosystèmes → Sols, plantes, animaux
Utilise la diversité pour favoriser la résilience	Diversité des espèces et des races, arbres Diversité espèces prairiales	  	La diversité animale, végétale et des microorganismes du sol favorise la santé de l'ensemble de ces éléments
Préserve la biodiversité en adaptant les pratiques	Différents types utilisation des prairies, Pâturage multifonctionnel Adapter le chargement au pâturage	  	La diversité animale, végétale et des microorganismes du sol favorise la santé de l'ensemble de ces éléments
Utiliser l'agrobiodiversité comme point d'entrée pour la reconception de systèmes	Arbre, Autosuffisance en fourrage, Coopération entre cultivateurs et éleveurs	   	L'agrobiodiversité inclut la diversité animale, végétale et des microorganismes du sol favorise la santé de l'ensemble de ces éléments. L'autonomie et la souveraineté alimentaire participent à la santé et au bien-être humain
Principes socio-économiques			L'autonomie décisionnelle et financière des agriculteurs favorise leur bien-être

3.6. *Un changement de rapport au monde*

Puisque l'intensification de l'agriculture et sa conception du monde est en partie responsable des crises (Bonneuil & Fressoz, 2013), ce sont alors les fondements moraux, politiques et éthiques de l'agriculture qui se trouvent questionnés et remis en cause. L'agroécologie propose une autre construction des systèmes alimentaires (Stassart & Jamar, 2008) en faisant évoluer les valeurs, les connaissances des systèmes et des réseaux.

Cette idée se retrouve dans le concept des visions du monde (*worldviews*) qui constituent des systèmes structurants de signification et qui informent comment les humains interprètent et co-crée la réalité (De Witt, 2013). La littérature distingue 4 grands types de visions du monde : Traditionnelle ; Moderne ; Postmoderne ; Intégrale (De Witt, 2013) qui sont appliqués à l'agriculture (Rigolot, 2017). Des travaux combinant les sciences humaines et sociales aux sciences biotechniques (Cayre et al., 2018) repèrent ainsi plusieurs idéals-types, au sens de Max Weber (1922). Un idéal-type vise à bâtir un modèle en discernant les traits principaux qui sont donc accentués et contrastés. Chaque idéal-type renvoie à une conduite du système d'exploitation, à des pratiques de gestion notamment du système d'alimentation et de gestion des prairies. Ces travaux montrent que le moment de transition est marqué par une évolution du regard de l'éleveur sur ce avec quoi il travaille (humains et non humains). Il les qualifie selon des propriétés qui peuvent être différentes, il définit variablement les modes de relations qu'il entretient avec eux et leurs interactions. Lors de la transition agroécologique, l'agriculteur en vient à travailler et penser avec le vivant : il ne s'agit plus de contrôler la nature et les moyens de production mais de piloter un système complexe en s'appuyant sur le potentiel écologique local. Le rapport Homme-nature évolue vers plus de soins réciproques entre Homme et nature et plus de santé du système.

Cependant la construction des connaissances et leur transfert vertical entraîne une généricité et ne peut produire des solutions adaptées aux contextes locaux (Coquil et al., 2018) et aux différents idéals-types. La transition agroécologique doit être fondée sur des preuves et connaissances scientifiques, mais qui doivent être contextualisés et impliquer les agriculteurs et leurs connaissances (Duru et al., 2015; Coquil et al., 2018; Shackelford et al., 2019; Gliessman, 2020). L'agroécologie se veut ainsi être transdisciplinaire -en valorisant toutes les formes de connaissances et d'expériences dans le changement du système alimentaire- et participative - elle requiert l'implication de toutes les parties prenantes. En outre, la transition agroécologique relève d'une situation indéterminée (Dewey, 1938) : les agriculteurs savent qu'ils ne peuvent pas continuer à faire ce qu'ils font habituellement mais sans savoir exactement vers quel modèle ils vont se tourner et comment ils vont agir. Face à ces incertitudes et en l'absence d'un référentiel complet et partagé, la transition agroécologique est adaptée au développement d'approches exploratoires comme le propose le pragmatisme. L'enquête pragmatique va permettre de comprendre ce qui ne fonctionne et pas et chercher des solutions à mettre en œuvre en s'appuyant sur les connaissances empiriques des agriculteurs, qui sont des savoirs situés et produits au cours de l'action (Hazard et al., 2021). Une approche pragmatique réduit la dissymétrie observée dans la considération des savoirs scientifiques et du terrain.

En résumé :

Face aux externalités négatives engendrées par l'intensification de l'agriculture d'autres modèles se développent et se posent en alternative comme l'agroécologie. L'agroécologie constitue une discipline scientifique, un ensemble de principes et de pratiques – qui cherchent à favoriser la santé des fermes – et engendre également un changement de rapport au monde. Si les apports théoriques sont bien développés, des repères concrets et techniques provenant du terrain doivent encore être mis à jour. Ainsi quelle sont pratiques référencées qui doivent être mise en œuvre pour qu'une ferme soit qualifiée d'agroécologique ? Pour quel changement de rapport au monde une ferme est-elle en agroécologie ? Faut-il que les pratiques et le changement de rapport au monde s'effectuent de manière simultanée ? Quel fonctionnement de système correspond à un élevage en agroécologie ? Pour éclaircir ces éléments il est nécessaire d'étudier et d'avancer avec les agriculteurs et le terrain. De plus, le changement de rapport au monde induit par ces systèmes nécessite la mise en place d'un dialogue entre cadre de pensée des éleveurs et une approche zootechnique classique.

4. Une double approche intégrant agronomie académique et pragmatisme est nécessaire pour mettre en œuvre une approche globale de la santé

4.1. *L'évolution des sciences agronomiques à la suite de la modernisation agricole*

Le déploiement de la modernisation agricole, permettant de répondre aux besoins de maximisation de la production, a en partie reposé sur des avancées scientifiques produites par les sciences agronomiques. Pour cela, l'agronomie a dû se plier au rationalisme scientifique et aux exigences de la démarche scientifique telles que la généricité et la reproductibilité pour produire de la connaissance. L'agronomie est devenue la science légitime des activités agricoles. Ce rationalisme -propre à la recherche scientifique- vise à décrire et expliquer la nature et son fonctionnement par des lois universelles. Ainsi, les sciences agronomiques, historiquement considérées comme des sciences du local, des conditions de sols, de climat, des plantes, des animaux et des Hommes qui les cultivent et les élèvent a dû privilégier des travaux analytiques. Cette approche analytique permet de mieux comprendre une fonction, un phénomène et ses effets pour les maximiser au sein d'un système et produire de nombreuses connaissances. Pour cela l'approche analytique décompose les différents éléments d'un système afin de les optimiser séparément. L'agronomie a donc produit majoritairement des connaissances « fondamentales », c'est-à-dire conçues pour être indépendantes de tout contexte local. Mais la décontextualisation de ses objets d'étude s'est accompagnée d'une rupture entre les savoirs et les techniques en agriculture et sur le vivant (Hubert, 2010) et d'un morcellement des connaissances, des objets d'étude et des disciplines (Hazard et al., 2021).

Par ailleurs, la rationalité scientifique des sciences agronomiques ne peut à elle seule expliquer tous les phénomènes de l'agriculture (Hénin, 1944). En effet, il existe toujours une part irrationnelle et imprévisible –qui échappe à la rationalité scientifique et à la mesure – ce qui correspond au concept de rationalisme problématique développé par Meyerson (Cohen, 2021). Par ailleurs, la réalité mesurée est dépendante des instruments de mesure et est donc toujours plus pauvre que la réalité authentique, correspondant au rationalisme dynamique de Bachelard (Cohen, 2021). Ainsi l'agronomie exclut ce qui

relève de la subjectivité, des croyances ou de la perception des humains - qui sont situées et ne peuvent ni prétendre à être universelles, ni être mesurées (Cohen, 2021).

Cette orientation méthodologique de l'agronomie -qui tient essentiellement d'une volonté politique visant à maximiser la production- s'appuie sur des lois uniquement valables dans les conditions de systèmes de production simplifiés fondés sur le contrôle et la maîtrise du vivant (Hubert et al., 2013; Cohen, 2021).

4.2. *Les sciences agronomiques et l'approche systémique : intérêts et limites*

Consciente des limites de l'approche analytique- au regard de la complexité des objets étudiés et de leur ancrage dans une réalité située et changeante- l'approche systémique et ses outils méthodologiques se sont imposés. L'Approche Globale de l'Exploitation Agricole (AGEA) (Sébillotte, 1974 ; Le Moigne, 1990 ; Le Gallou, 1993) est ainsi devenue une méthode de référence, en France à partir des années 1980, pour analyser le fonctionnement biotechnique et économique de l'exploitation agricole, en relation avec le système de décision et son environnement. L'AGEA considère l'exploitation agricole comme un système, où tous ses éléments constitutifs sont en interactions dynamiques, organisés en fonction d'un objectif (de Rosnay, 1975). L'exploitation agricole est comprise comme un ensemble complexe, composé de sous-systèmes en interrelation, eux-mêmes en interaction avec le monde extérieur. L'analyse proposée intègre l'historique de l'exploitation et la trajectoire des personnes qui y travaillent, l'environnement (composante biotique mais aussi sociale, sociétale, économique), le système social, décisionnel et d'exploitation. L'AGEA reconnaît ainsi que l'agriculteur a des « *raisons de faire ce qu'il fait* » (Brossier et al., 2013), qu'il n'est pas un individu isolé qui prend des décisions sans tenir compte de son environnement social et environnemental. Elle rend ainsi possible l'analyse d'un système, de ses performances techniques et économiques et fournit aux agriculteurs des références, permettant de comparer les exploitations entre elles. Les outils d'aide à la décision, tels que l'AGEA, ont évolué dans le temps -selon l'émergence de nouvelles préoccupations- pour inclure une diversité d'indicateurs, notamment concernant la durabilité économique, sociale et environnementale (Zahm et al., 2008) conduisant à une meilleure compréhension des capacités d'adaptation et de résilience des exploitations (Darnhofer et al., 2012).

Toutefois, si l'AGEA a tenté d'intégrer les humains et leurs ambitions pour mieux comprendre le fonctionnement des exploitations et possède des vertus pour l'analyse des systèmes agricoles, une part de la réalité -non mesurable par les outils et méthodes de l'agronomie- lui échappe toujours. Ainsi, des pratiques telles que l'utilisation du calendrier lunaire pour déterminer les dates d'intervention sur les prairies ou l'utilisation de concentrés dans la ration des vaches laitières à un niveau de production de 3000 L par animal par an peut sembler incohérent d'un point de vue agronomique et zootechnique mais témoigne d'un autre regard sur la nature et l'animal. En outre, l'approche systémique proposée par l'AGEA est nécessaire mais cet outil reste trop déterministe et lourd à mettre en œuvre pour rendre compte de la dynamique incertaine des systèmes agricoles (Hazard et al., 2021). Cette approche est parfois mise en œuvre non comme une approche systémique mais comme une approche pluridisciplinaire analytique. Il existe donc un décalage entre la complexité des exploitations agricoles les défis et incertitudes auxquels les agriculteurs doivent faire face et les moyens pour les relever.

4.3. *Une pluralité des manières de comprendre et d'expliquer la réalité*

Il existe plusieurs manières d'interpréter, de comprendre et de construire la réalité, selon la position sociale et l'expérience de la personne concernée. Un agriculteur n'élabore pas une interprétation de la réalité de la même manière qu'un scientifique ou un chercheur : ils n'ont ni les mêmes outils, ni les mêmes expériences, ni les mêmes ambitions vis-à-vis de l'agriculture ou de l'exploitation agricole. Ainsi, la conception de la réalité dépend de la position sociale occupée et des activités menées dans cette position par la personne concernée (Darré, 1984). Si les connaissances générées par la méthode scientifique sont mobilisées par les agriculteurs, ils produisent aussi leur propres connaissances, en expérimentant par eux-mêmes au cours de leur expérience (Darré, 1984 ; Demeulenaere & Goulet, 2012). Les agriculteurs ont ainsi l'habitude d'exercer et d'expérimenter, au cas par cas des solutions ajustées à leurs conditions historiques, géographiques, sociales et économiques (Hubert, 2010). En outre, dans leur quotidien, les agriculteurs se réfèrent à une approche systémique et intègrent les interactions entre les éléments du système, ceux-ci influençant notamment les résultats technico-économiques de l'exploitation. Les agriculteurs interprètent la réalité de leur monde par un ensemble de signes et d'indicateurs -impliquant notamment leurs sens- qui peuvent être très différents de ceux de la science. Ces indicateurs peuvent parfois avoir une subtilité et une sensibilité qui ne peuvent être testées ou mesurées dans les sciences agricoles académiques et ont donc été reléguées à une partie subjective, voire irrationnelle de leurs pratiques. Face à une réalité scientifique qualifiée « d'axiomatique », celle des agriculteurs, plus empirique est qualifiée de pragmatique (Chateauraynaud & Dubois, 2019). Dans les interactions entre agronomes - conseillers ou chercheurs - et agriculteurs, cet écart entre système de pensée, peut-être source d'incompréhensions et de malentendus (Darré, 1999).

Dans la perspective d'amplifier la transformation des systèmes alimentaires et d'accompagner les éleveurs autour des questions de crises écologiques et sanitaires, les changements de pratiques des agriculteurs, leurs connaissances et leurs différentes visions doivent être mieux pris en compte – sans renoncer à la rationalité scientifique et aux connaissances des sciences agronomiques. Plus particulièrement, alors que des choix d'orientations et de pratiques agricoles apparaissent de plus en plus nécessaires, les sciences et les techniques doivent être mises en débat avec les savoirs des agriculteurs issus de leurs expériences et leurs différentes manières de penser et de composer le monde et la réalité. Il s'agit de réactiver un sens commun longtemps laissé aux seuls experts et scientifiques et qui a installé une dissymétrie entre « *ceux qui savent que* » et « *ceux qui pensent que* » (Stengers, 2020). Ce constat que les connaissances ne constituent pas le monopole des chercheurs et qu'il est donc nécessaire de comprendre ce que font les agriculteurs et pourquoi ils le font fait l'objet de plusieurs travaux. Des études de terrain, nombreuses, ont été conduites, plus particulièrement dans le cas de populations dites « indigènes » et de pratiques « traditionnelles » (Berkes et al., 2000; Olsson & Folke, 2001), mais aussi dans le cas de l'agriculture biologique (Richardson, 2005) ou de pratiques qualifiées de durables ou d'extensives (Deléage, 2010; Knapp & Fernandez-Gimenez, 2009). Au sein de ces travaux, les connaissances et leurs utilisations possibles pour la science et le développement constituent l'objet d'étude essentiel. Cependant, les connaissances des agriculteurs sont particulièrement contextualisées et tacites –c'est-à-dire profondément personnelles- ce qui rend leur formalisation plus difficile et ne favorise par leur identification et mobilisation par les sciences agronomiques (Cristofari, 2018).

Aboutir à une équivalence de légitimité entre catégories de savoirs suppose d'objectiver la réalité des agriculteurs. L'analyse des pratiques des agriculteurs, notamment développée par le département SAD (Systèmes Agraires et Développement) de l'INRAe et Jean Pierre Darré, s'est attachée à construire une approche du développement agricole fondée sur une relation "symétrique" entre techniciens et

agriculteurs, entre monde de la science et celui de la pratique (Darré et al., 2007). Les acteurs et leurs pratiques sont intégrés en cherchant les raisons des pratiques mises en place dans les raisons qu'elles ont pour les agriculteurs, ce qui nécessite d'appréhender les conceptions des agriculteurs. Darré s'est intéressé à la façon de penser des agriculteurs à travers l'étude de leur expression verbale, et donc aux sens des mots. Ainsi ce n'est pas la grille d'analyse des chercheurs qui sert à décrypter les pratiques des agriculteurs, mais c'est celle des agriculteurs interroge celle des premiers et la remet en cause, lorsqu'elle s'avère inadaptée à la formulation de problématiques de recherche. Cela nécessite un changement de posture et un renversement de perspective pour les chercheurs. Ce travail –qui s'appuie sur la sociologie compréhensive de Max Weber- est effectué à partir du discours de différents acteurs et permet de faire apparaître les écarts qui peuvent exister entre deux systèmes de pensée différents (Darré, 1991). L'intégration des savoirs de ces partenaires dans le processus de recherche permet ainsi d'explicitier des connaissances tacites et d'en produire de nouvelles liées aux interactions entre les chercheurs et leurs partenaires. De tels dispositifs de recherche visent à produire des connaissances qui sont pertinentes pour l'action (Darré et al., 2007). Si l'analyse des pratiques des agriculteurs est intéressante, l'approche pragmatique va plus loin en appréhendant notamment les ontologies des personnes enquêtées, c'est-à-dire la relation de l'Homme aux existants –qu'ils soient humains ou non. Le pragmatisme va ainsi permettre de rendre compte du monde des agriculteurs, de leur rapport à la nature en l'explorant à travers leurs propres yeux et expériences et d'expliquer certaines pratiques mises en place et pouvant être considérées comme non cohérentes.

4.4. *Le pragmatisme comme démarche d'enquête*

Courant américain, le pragmatisme au sens philosophique de ses concepteurs (James, Peirce et Dewey plus particulièrement) s'attache à objectiver ce que les disciplines scientifiques comme l'agronomie considèrent comme subjectif, non mesurable, situé, ne relevant pas de lois universelles. Le pragmatisme ne cherche pas à produire de la généralité mais se réfère au caractère fonctionnel de l'expérience, l'expérience possédant des dimensions intellectuelles, esthétiques ou émotionnelles (Dewey, 1934). Ainsi contrairement aux rationalistes, une idée doit être jugée selon ses conséquences dans la pratique, et non pas évaluée par la seule raison scientifique. Un de ses principes fondamentaux est « de prendre au sérieux » les agriculteurs dans toute leur richesse que se soient leurs croyances ou leurs valeurs par exemple considérant avec Dewey « qu'est objectif ce qui se manifeste par des faits » (Dewey, 1938). Le pragmatisme admet que c'est par l'action que ce monde s'établit et que la connaissance se construit ; aussi l'expérience occupe une place centrale puisque la vérité n'existe pas a priori mais se révèle progressivement par cette expérience, grâce à l'observabilité concrète du résultat (Hazard et al., 2021). Aussi il convient de suivre ces expériences en suivant « les acteurs et l'action en train de se faire » (Latour & Woolgar, 1992). Les enquêtes doivent alors non seulement repérer les faits, mais aussi caractériser toutes les entités (les êtres vivants, les choses matérielles, immatérielles...) qui sont concernées dans ces faits et les propriétés -manière dont les faits sont qualifiés- qui leur sont attribués. Ces attributions révèlent les genres de relations et d'attachements que les agriculteurs peuvent avoir avec ces entités. Ainsi le pragmatisme s'intéresse, tout comme le propose Darré aux pratiques, mais va au-delà en intégrant les raisons des agriculteurs : il s'agit de comprendre comment les agriculteurs composent leur monde. Pour cela, la théorie de l'acteur-réseau constitue une démarche particulièrement adaptée (Lamine et al., 2015). La théorie de l'acteur-réseau s'intéresse à des « *actants* », qu'ils soient humains ou non-humains, et aux manières qu'ils ont de s'attacher au sein de réseaux. Cette approche permet donc de poser un regard ethnographique sur les agriculteurs mais aussi sur les objets auxquels ils sont attachés comme leurs animaux, les prairies, les fourrages.

L'association de l'approche systémique avec une démarche pragmatique participe aux propositions pour transformer les systèmes agricoles. En effet, l'ensemble des éléments du système et leurs interactions selon la réalité des agriculteurs sont ainsi intégrés, et la décontextualisation observée dans les études analytiques limitée. Cela permet de mieux expliciter les problèmes rencontrés sur le terrain et la manière dont les agriculteurs trouvent des moyens de les résoudre.

En résumé :

L'association de l'approche systémique avec une démarche pragmatique réduit la décontextualisation observée dans les travaux académiques en intégrant la réalité et les connaissances des agriculteurs. Outre une méthodologie basée sur le pragmatisme et l'approche systémique, l'utilisation de la santé comme clé d'entrée pour l'analyse des systèmes permet de mettre à jour les interdépendances entre santé humaine et environnement.

5. Objectifs et stratégie du travail de thèse

Pour raisonner et accompagner la transformation des systèmes d'élevage dans le contexte actuel de crises écologiques et sanitaires il est nécessaire de développer des approches globales de la santé, notamment à l'échelle de la ferme. Or, peu de travaux sont développés à l'heure actuelle en agriculture sur ce concept, et ceux qui s'y intéressent n'intègrent pas les connaissances des agriculteurs pourtant nécessaires pour favoriser la mise en œuvre de ces approches sur le terrain. En outre, l'agroécologie est un système vertueux en termes de santé et donc particulièrement intéressant pour tester la mise en œuvre d'une approche globale de la santé. C'est pourquoi cette thèse se propose de répondre aux enjeux suivants : (1) d'un point de vue méthodologique, de développer et valider un protocole d'enquête basé sur une approche pragmatique des systèmes agricoles qui combinent sciences humaines et sciences biotechniques dans la perspective d'accompagner les éleveurs et (2) de proposer un cadre d'analyse appliqué à la santé globale de la ferme, pour appréhender la transition vers l'agroécologie. L'objectif de ce travail de thèse est de construire et éprouver une méthodologie tournée vers l'action pour caractériser l'approche globale de la santé à l'échelle de la ferme, mettant en dialogue le point de vue académique et le point de vue des éleveurs. Nous nous proposons de répondre à la question suivante : **Comment se décline et s'éprouve une approche globale de la santé à l'échelle de la ferme ?** Afin de répondre à cet objectif nous avons décomposé ce travail en trois parties et posé cinq hypothèses (figure 8).

Dans une première partie ayant pour objectif de **définir une approche globale de la santé d'une ferme (chapitre 2)** nous avons formulé les deux hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 : La santé peut être définie à l'échelle de la ferme (sol, plante, animal, éleveur) et il existe des indicateurs facilement mesurables pour l'évaluer (qui peuvent être divers).

Hypothèse 2 : Au quotidien, les éleveurs ont leur propre mode d'instauration de la réalité et pourraient donc utiliser des définitions et indicateurs différents de ceux rapportés dans la littérature scientifique.

Pour cela, nous avons réalisé une étude bibliographique afin de construire un cadre d'analyse théorique d'une approche globale de la santé des fermes. En parallèle, nous avons conduit 11 enquêtes auprès d'éleveurs se revendiquant de l'agroécologie puis réalisé des monographies afin de pouvoir enrichir le cadre d'analyse théorique par le terrain (définitions et signes des éleveurs).

Le deuxième objectif consiste à **mesurer la santé d'élevages laitiers sur un modèle répondant à ces enjeux de santé, donc agroécologiques (chapitre 3)**. L'hypothèse suivante a été posée :

Hypothèse 3 : Les deux types d'indicateurs, académiques et des éleveurs, amènent au mêmes conclusions sur l'état de santé.

Pour répondre à cet objectif, nous avons effectué des mesures sur la santé des prairies, sol, troupeaux et des éleveurs pendant 2 ans sur les 11 élevages se revendiquant de l'agroécologie. Un double protocole a été mis en place, en s'appuyant sur les indicateurs référencés dans la littérature scientifique et intégrant les signes utilisés par les agriculteurs et explicités dans le chapitre 2. Enfin une mise en regard des résultats obtenus par chacun des protocoles est effectuée.

Le troisième objectif consiste à **identifier des pratiques de gestion et des fonctionnements de système, au sein des fermes avec une clé d'analyse par la santé (Chapitre 4)**. Nous avons posé les deux hypothèses suivantes :

Hypothèse 4 : Certaines pratiques d'alimentation favorisent la santé globale, dont le système alimentaire qui constitue l'un des pivots de la santé de la ferme.

Hypothèse 5 : La cohérence du système favorise la santé de la ferme.

Pour répondre à cet objectif, nous nous sommes appuyé sur l'étude de la littérature scientifique et sur 11 enquêtes menées auprès d'éleveurs, qui nous ont permis d'établir des liens entre les pratiques de gestion et le fonctionnement de systèmes avec une analyse par la santé des fermes. Nous avons également expérimenté une pratique de gestion de l'alimentation, sur une ferme expérimentale, mise en place par certains éleveurs, afin d'évaluer son impact sur la production laitière et le statut nutritionnel des animaux.

Tout au long de ce travail de thèse nous nous appuyons sur une démarche pragmatique qui permet de suivre les acteurs et l'action en train de se faire en intégrant l'ensemble des éléments auxquels les agriculteurs prêtent attention pour accéder à la manière dont ils construisent la réalité. Nous cherchons à mettre en discussion deux manières d'interpréter et de comprendre la réalité : d'un côté celle académique s'appuyant sur la démarche scientifique des sciences agronomiques ; de l'autre celle - empirique- des agriculteurs. Cela permet également d'identifier de nouvelles métriques opérationnelles pour évaluer la santé, ainsi que des pratiques et des fonctionnements de systèmes observés sur le terrain qui favorisent la santé globale de la ferme.

Comment se décline et s'éprouve le concept de santé globale à l'échelle de la ferme ?

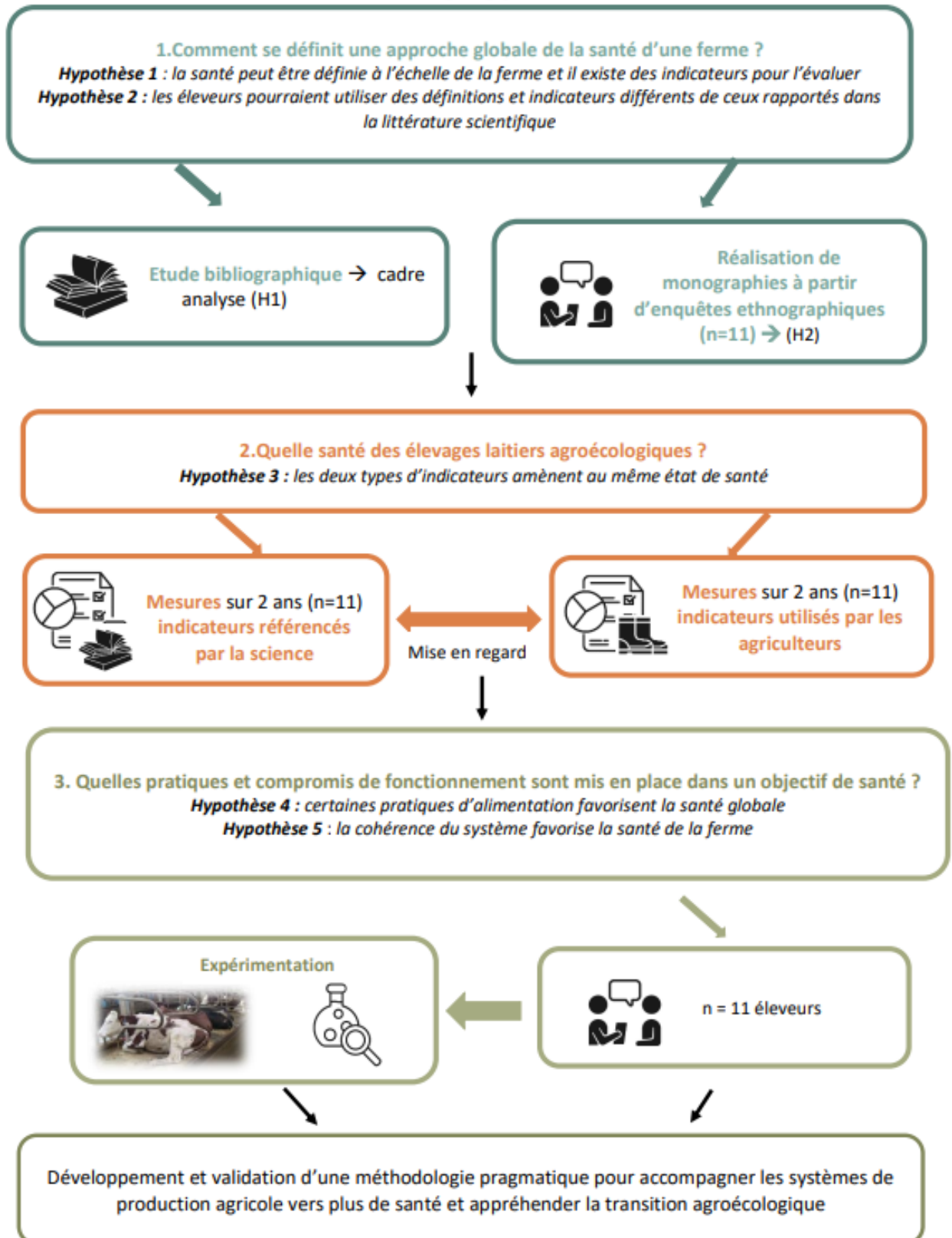


Figure 8: Illustration de l'objectif, des étapes et hypothèses de la thèse

6. Méthodologie mise en place

Cette partie présente les deux dispositifs expérimentaux utilisés dans les trois chapitres suivants. Le matériel et méthode seront ensuite détaillés au sein de chacun des chapitres de résultats.

6.1. *Constitution d'un réseau de fermes*

Afin de formaliser un cadre pour une approche globale de la santé des fermes nous nous appuyons sur le cadre proposé par la santé unique. Mais certains auteurs ayant mis en évidence un besoin de mettre en place des approches participatives intégrant les connaissances du terrain nous adoptons une démarche pragmatique, associée à une démarche systémique (Approche Globale des Exploitations Agricoles - AGEA) comme discuté dans le paragraphe 4.4., afin de compléter et rendre le cadre de santé unique opérationnel pour répondre à des enjeux agricoles. La mise en place d'une démarche pragmatique nécessite de s'appuyer sur des fermes et des agriculteurs. Nous nous appuyerons dans un premier temps sur des fermes en agroécologie car il s'agit de systèmes alternatifs dont les principes et les pratiques sont en accord avec une approche globale de la santé. De plus, ce réseau de fermes est constitué d'élevages bovins laitiers, du fait de la rapidité et la facilité d'accès aux résultats de la production laitière, par rapport à la production de viande. La focalisation sur un type de production réduit également la variabilité au sein de l'échantillon et ainsi facilite les analyses. Nous avons également cherché une diversité de structures, de fonctionnements et de pratiques de gestion au sein de l'échantillon. L'échantillon s'est concentré sur des systèmes herbagers de moyenne montagne, plus particulièrement du Massif central : plusieurs réseaux d'éleveurs considérés comme alternatifs et localisés dans les départements du Puy de Dôme, du Cantal, de la Loire et de la Haute-Loire ont été sollicités.

Le type d'étude (construction d'une méthodologie) et la démarche systémique et pragmatique mise en place a restreint le nombre (n=11) de fermes incluses dans ce suivi. En effet, cette approche méthodologique nécessite un temps d'entretien conséquent (4 heures par rencontre en moyenne), de retranscrire les enquêtes mot à mot et génère un grand nombre de données quantitatives et qualitatives, un temps de collecte de données –deux ans de suivi- et d'analyse important restreignant le nombre de fermes afin d'assurer un suivi complet dans le temps imparti de la thèse.

Ce suivi de fermes comprend la réalisation d'un entretien auprès de chaque éleveur permettant de définir la santé des fermes ainsi que les métriques utilisées, les pratiques et compromis mis en place par les agriculteurs. Ces entretiens présentés dans le **Chapitre 2** sont un des fondements de notre approche globale de la santé des fermes selon les agriculteurs. Dans le **Chapitre 4** nous verrons que ces entretiens, couplés à d'autres visites au cours des deux ans de suivi, mettent en avant les compromis et fonctionnements favorisant la santé. La méthodologie de conduite d'entretien est décrite dans le Chapitre 2 tandis que chaque méthode d'analyse correspondante est explicitée au sein des chapitres concernés (1 et 3). Suite à ces entretiens environ six visites ont été réalisées sur chaque ferme pour obtenir des données quantitatives et qualitatives pendant deux ans afin d'évaluer la santé des fermes (figure 9). Le matériel et méthode relatif à l'ensemble des mesures est présenté dans le **Chapitre 4**.

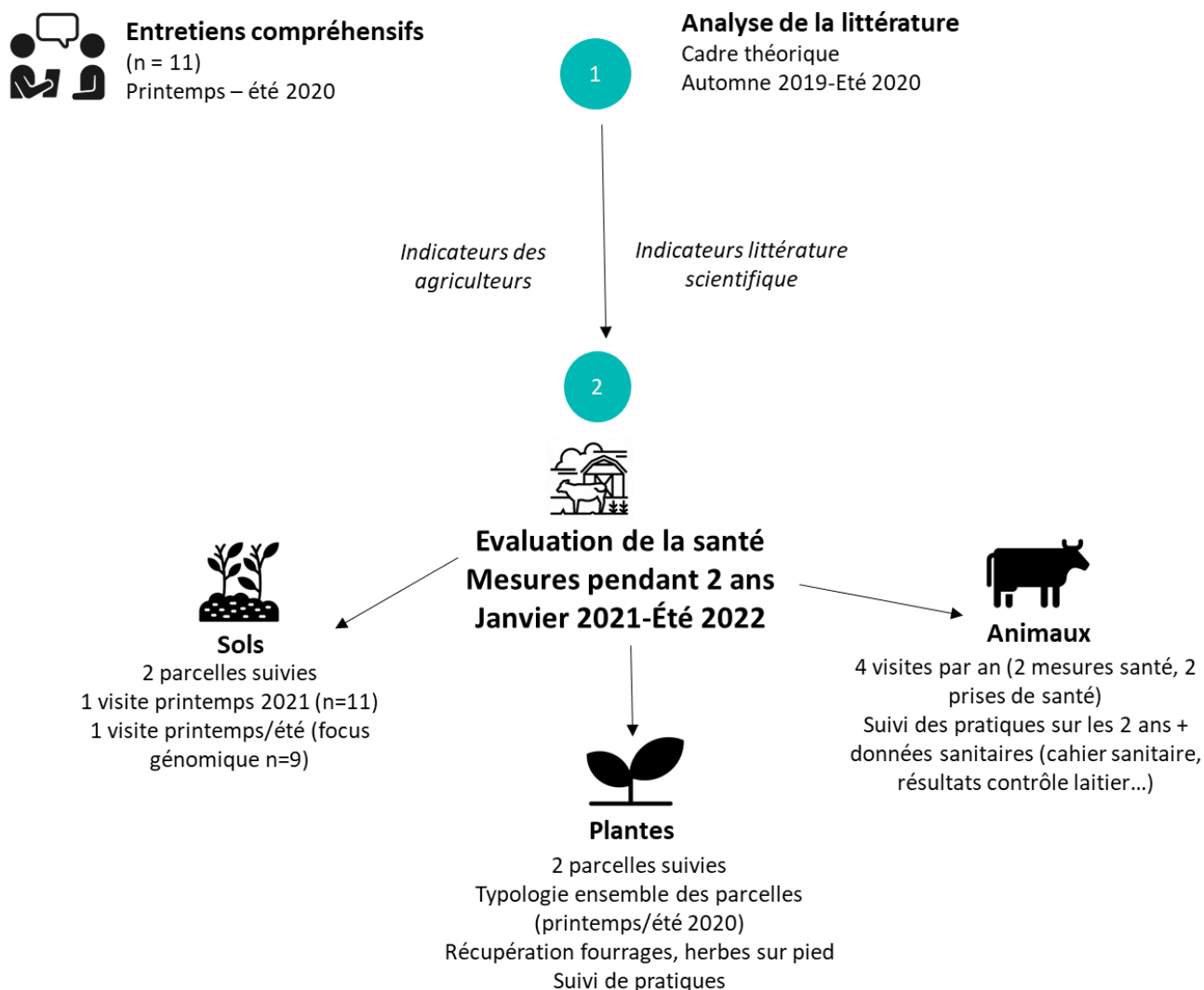


Figure 9 : Méthodologie générale du réseau ferme avec pour première étape la réalisation d'entretiens (pictogramme 1) et dans un second temps des mesures de la santé des fermes (pictogramme 2)

6.2. Mise en expérimentation d'une pratique de gestion de l'alimentation

Les enquêtes ont permis d'identifier une pratique de gestion de l'alimentation qui, selon les agriculteurs, favorise la santé des troupeaux et de la ferme. Cette pratique consiste à distribuer l'alimentation en deux repas identiques matin et soir, en restreignant la quantité de fourrage et en limitant le temps d'accès à l'alimentation. Afin de vérifier l'effet de cette réduction de la quantité de fourrage et du temps d'accès sur les performances laitières et le statut nutritionnel des animaux nous avons conduit une expérimentation. Ainsi en janvier et février 2020, 27 vaches ont été réparties selon trois modalités d'alimentation pendant neuf semaines au sein d'une ferme expérimentale de l'INRAE – Herbipôle localisée à Marcenat (Cantal). Le schéma expérimental et le matériel et méthode de cette expérimentation sont présentés dans le **Chapitre 4**

Chapitre 2 : Une approche globale de la santé des fermes : du cadre théorique au cadre pratique



Source : Camille Chabaliér

Le premier objectif de la thèse, auquel répond ce chapitre, est de formaliser une approche globale de la santé des fermes (définition et indicateurs d'évaluation), avec pour cas d'application des fermes laitières en agroécologie du Massif central. Pour ce faire, nous nous appuyons sur le cadre de santé unique, associé au pragmatisme afin d'intégrer les connaissances des agriculteurs. Pour répondre à cet objectif, outre une analyse de la littérature nous avons réalisé des entretiens auprès de 11 éleveurs, en 2020. ²

1. Matériels et méthodes

1.1. *Construction du cadre théorique d'une approche globale de la santé des fermes*

1.1.1. **Identification du cadre théorique**

Le cadre théorique de l'approche globale de la santé des fermes est construit à partir d'une analyse de la littérature. La santé unique est choisie pour construire ce cadre théorique car il s'agit du concept le plus opérationnel pour une application à l'échelle de la ferme, comme précisé dans le paragraphe 2.5 de la première partie. La santé unique cherche à favoriser les santés animale, végétale, du sol et humaine de manière conjointe et égale. Construire un cadre théorique pour une approche globale de la santé des fermes implique donc de s'intéresser à la santé du sol, des prairies (puisque travaillant sur des systèmes d'élevage herbagers la santé végétale se restreint à la santé des prairies), des troupeaux et des agriculteurs. L'analyse de la littérature a permis de concevoir un premier cadre structuré en sous parties (santé du sol, des prairies, des troupeaux, humaine). Celui-ci intègre au sein de chaque sous partie les indicateurs utilisés pour évaluer la santé, et de préciser les liens entre les différents éléments de santé du système.

1.1.2. **Identification des indicateurs**

Afin d'évaluer la santé des fermes, il est nécessaire de disposer d'indicateurs de mesures. Un indicateur est une « *variable qui fournit des informations sur d'autres variables difficiles d'accès et qui peuvent servir de référence pour prendre une décision* » (Gras et al., 1989). L'utilisation d'indicateurs permet ainsi d'avoir accès à une mesure qui se veut objective et précise (Gauzente, 2000). En agriculture, les indicateurs servant à mesurer la performance d'une action sont séparés en plusieurs types : les indicateurs de moyens ou de réalisation et les indicateurs de résultats (van der Werf & Petit, 2002; Braband et al., 2003; Payraudeau & van der Werf, 2005). Un troisième type s'ajoute lors de l'évaluation de la conduite d'un programme : les indicateurs d'impact (Bonnaud & Bossuat, 2016). Plus précisément, les indicateurs préalablement mentionnés se définissent ainsi (Bonnaud & Bossuat, 2016) :

- les indicateurs de réalisation témoignent des actions concrètement mises en œuvre ;
- les indicateurs de résultats rendent compte des effets directs des actions conduites relativement à ce qui en était attendu ;
- les indicateurs d'impact rendent compte des effets directs et indirects, envisagés ou non et observables à moyen et long terme, des actions conduites.

Les indicateurs d'impacts sont un type particulier d'indicateurs de résultats. Il s'agit d'indicateurs de résultats sur le moyen et long-terme et qui prennent en compte tous les types de résultats, directs et indirects, prévus ou imprévus. Par simplification, deux types d'indicateurs sont considérés pour la prise de décision en agriculture : les indicateurs de moyens et les indicateurs de résultats. Par la suite, dans

l'analyse, les pratiques de gestion mises en place dans un objectif de santé seront considérées comme des indicateurs de moyens. Ces indicateurs de résultats et de moyens proviennent de la littérature scientifique et d'échanges avec des experts, sur la base du cadre proposé par la santé unique. Ces indicateurs servent donc à l'évaluation de la santé des sols, des prairies, des troupeaux et des éleveurs.

Puisqu'il est nécessaire de compléter ce cadre théorique en intégrant les connaissances des acteurs sur le terrain, c'est-à-dire des agriculteurs, les indicateurs des éleveurs sont également pris en considération, grâce à la mise en place d'une démarche pragmatique et d'un réseau de ferme.

1.2. Présentation du réseau de suivi de fermes

Les fermes constituant le réseau de suivi ont été choisies selon plusieurs conditions, notamment d'appliquer le cadre d'analyse d'une approche globale de la santé à des fermes supposées être « plus en santé ». Nous avons pour cela choisi des élevages se revendiquant de l'agroécologie et volontaires. Nous avons réalisé un suivi incluant des entretiens et des mesures auprès de 11 éleveurs laitiers. Ces fermes sont localisées dans le Massif central, dans les départements du Puy de Dôme (n=5), Cantal (n=2), Loire (n=2) et Haute-Loire (n=2) (figure 10).

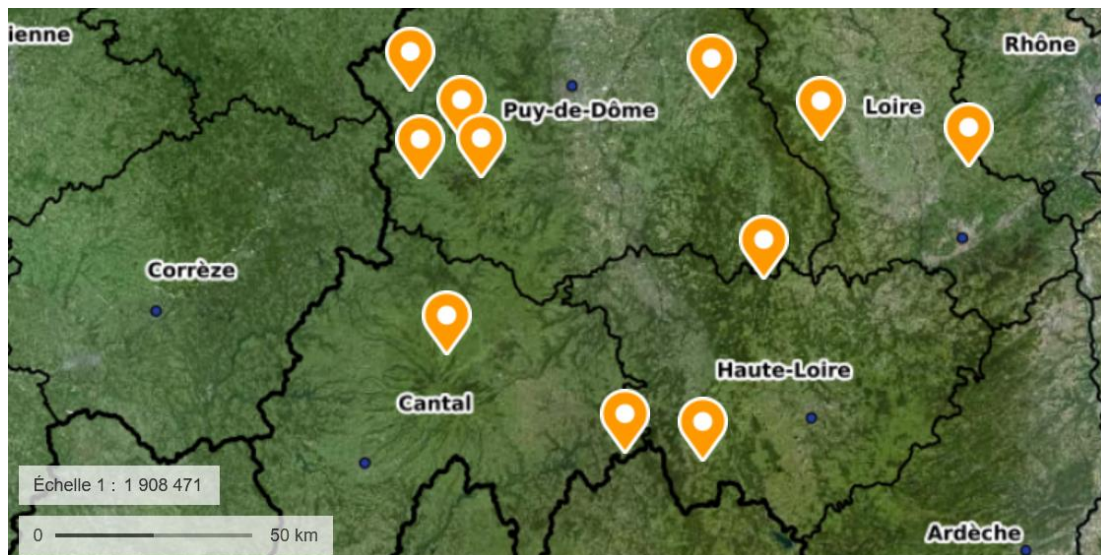


Figure 10 : Localisation des 11 élevages enquêtés, outil Géoportail

Les principales caractéristiques des 11 fermes enquêtées, en termes de structures, sont présentées dans le tableau 4. Parmi ces 11 fermes, 7 sont associées en GAEC et 4 possèdent le statut d'exploitation individuelle. Par ailleurs, du fait que nous étudions des systèmes se réclamant de l'agroécologie, les conduites en agricultures biologiques dominent presque exclusivement : 9 élevages sont en agriculture biologique. Une part importante de fermes transforme sa production : 5 fermes transforment la totalité ou la majeure partie de leur lait (fromage, crèmerie...). Certaines fermes possèdent également des ateliers secondaires : une utilise une faible partie de sa production laitière pour fabriquer du savon, une produit de la farine à partir des cultures présentes sur la ferme et une autre ferme possède un atelier bovin allaitant en complément du troupeau laitier. Ces fermes témoignent ainsi de la diversité des productions présentes dans le Massif central.

Tableau 4 : Principaux indicateurs structurels des fermes enquêtées

Indicateurs	Médiane	[min-max]
Altitude du siège d'exploitation	940	[420-1180]
UTH	2	[1-5]
Surface totale (estives comprises) en ha	65	[30-192]
Surfaces totales en prairie P(% ; permanentes + Temporaires)	65 92	[30-180] [50-100]
Nombre de vaches laitières (UGB)	35	[13-80]
Nombre de race présente par troupeau	2	[1-4]
Principales races	Prim Holstein, Ferrandaises, Abondance, Montbéliarde, Brune des Alpes, Tarines	
Durée de pâturage (en mois)	7.5	[6-11]
Chargement apparent (UGB/ha)	0.98	[0.55-1.6]
Production laitière / VL/an	4500	[2000-6500)
Quantité de concentré (kg)/VL/an	600	[0-1200]
Quantité de concentré g/ kg de lait	145	[0-268]
% d'autonomie en fourrage	100	

En raison de leur localisation et de leur altitude (940 m en moyenne), il s'agit de systèmes d'élevages essentiellement herbagers : 5 exploitations sur 11 ont un système 100% prairie permanente et la part médiane de prairie dans la SAU est de 92%. En outre les indicateurs liés à la structure et aux pratiques de gestion montrent que les fermes étudiées correspondent à un modèle qui peut être qualifié d'extensif. En effet, la durée de pâturage médiane est de 7,5 mois avec un minimum de 6 mois et un maximum de 11 mois, et le chargement apparent au pâturage est faible puisque sa médiane est de 0.98 UGB/ha de prairies (tableau 4). La production laitière médiane s'élève à 4500L par vache laitière (VL) par an, avec des disparités importantes comme l'indique l'étendue des valeurs (2000 à 6500L/VL/an).

1.3. Conduite des entretiens

La méthodologie d'entretien mise en place dans cette thèse a fait l'objet d'un article soumis à la revue *Frontier* (Cremilleux et al.), aussi seuls les éléments principaux sont repris ici. L'article est présenté en annexe 1.

L'AGEA propose une approche systémique des exploitations agricoles mais n'est pas suffisante face aux incertitudes de la TAE et une part de la réalité des éleveurs lui échappe. Afin d'avoir accès à une analyse de la santé des fermes –analyse en partie technico-économique- et à la construction de la réalité des agriculteurs, comme introduit au paragraphe 4.4 de la première partie, il est nécessaire d'hybrider AGEA et approche pragmatique. C'est ce que nous proposons au sein de la méthodologie d'entretiens que nous avons mise en place. Toutes les informations collectées pour l'AGEA sont reprises (analyse des différents sous-systèmes, liens, environnement social et économique...), et de plus nous intégrons les éléments complémentaires suivants : les indicateurs et métriques utilisés par les agriculteurs, ainsi que la relation entre être humain et nature à travers une attention anthropologique accordée à tous les éléments du système qui font sens pour l'agriculteur. L'entretien commence par un historique de l'exploitation afin de connaître les projets, les objectifs et finalités de l'éleveur. Ensuite, en utilisant le

prisme de la santé, nous interrogeons l'agriculteur sur sa définition de la santé de l'exploitation et à partir des éléments évoqués (par exemple la santé de l'agriculteur, la santé animale...) l'enquêteur demande à l'agriculteur de préciser ses définitions personnelles de ces différents éléments. Dans un deuxième temps, sur la base de la définition de la santé de chaque agriculteur, nous ajoutons des questions complémentaires sur :

- les métriques et les indicateurs qu'il utilise ;
- la gestion et les pratiques qu'il met en œuvre ;
- les raisons de ses pratiques ;
- les liens entre les différents pôles de santé (troupeau, prairie, sols, éleveurs...) de l'éleveur.

L'entretien, basé sur une approche compréhensive (Kaufmann, 1996), a ainsi pour objectif de saisir le point de vue de la personne enquêtée. Cela implique de formuler des questions ouvertes pour que la construction de la réalité de l'éleveur enquêté apparaisse clairement. Pour cela, la méthodologie mise en place aborde les éléments plus larges, en commençant par des aspects qualitatifs qui permettent de ne pas influencer les réponses de l'agriculteur, pour aller ensuite vers des éléments quantitatifs permettant d'évaluer la santé du système). Les éléments quantitatifs concernent à la fois les indicateurs académiques référencés par l'AGEA et les indicateurs utilisés par les éleveurs pour analyser la santé de leur système. La construction d'une grille d'entretien permet de s'assurer que tous les éléments nécessaires à l'étude sont couverts et que les questions sont posées de la même manière afin de ne pas créer de biais. La grille d'entretien est présentée en annexe 2.

En pratique, pour que cette méthodologie fonctionne et pour accéder à la réalité des éleveurs il est essentiel de construire avec les agriculteurs une relation authentique fondée sur la confiance. Cela peut nécessiter du temps –plusieurs visites- afin que les agriculteurs soient assurés d'être pris au sérieux. La totalité des entretiens est enregistrée, avec l'autorisation des éleveurs, puis retranscrit mot à mot. Un entretien de ce type a été réalisé courant 2020 sur chacune des fermes du réseau.

1.4. Analyse des entretiens

Suite à la retranscription intégrale des entretiens, une grille individuelle est construite pour chaque entretien. Une première ligne présente la définition de la santé de la ferme selon l'éleveur. Les différents éléments de santé explicités par l'éleveur (santé du sol, du troupeau, des prairies...) constituent les lignes suivantes de la grille. Pour chacun de ces éléments, nous développons la manière dont il est décrit, défini par les agriculteurs (c'est-à-dire les verbatims des agriculteurs) ainsi que les indicateurs des éleveurs permettant d'évaluer cette santé (figure 11). A partir de cette grille d'entretien, nous avons dressé une représentation de la ferme, selon l'agriculteur, qui s'appuie sur les éléments du système et leur liens (AGEA) –définis le plus précisément possible- avec une clé d'entrée santé (figure 12). Les indicateurs académiques, définis par la littérature scientifique, ne sont pas intégrés au sein de cette représentation – s'ils ne sont pas utilisés par l'agriculteur- mais vont permettre de mettre en discussion le cadre théorique et le cadre des agriculteurs.

	Verbatims des agriculteurs	Indicateurs (verbatim) des agriculteurs
Santé à l'échelle de la ferme	Bien-être de l'éleveur qui passe par le bien-être des animaux. Pour que les animaux soient en bien-être ça veut dire qu'ils aient une bonne alimentation, le moins de pathologie possible. Bien-être des animaux qui mènera au bien-être de l'éleveur. Si l'éleveur vit bien son métier, est bien dans sa peau, c'est déjà un signe de santé du troupeau et des prairies. Mes animaux mangent l'herbe, l'herbe doit amener de la santé à mes animaux et vice versa, si mes animaux sont en santé, les déjections que je vais récupérer derrière seront en santé aussi et ramèneront de la santé à mes prairies. C'est un cercle vertueux : l'éleveur, l'animal, la prairie. Ce que je mets en premier je suis incapable de le définir	
Santé du troupeau	<p>*Les frais vétérinaires ne sont plus un indicateur de santé ou de mauvaise santé d'un troupeau, la production par animal n'est plus pour moi un critère de santé. La santé c'est autre chose. La pathologie d'un élevage, quand on la regarde avec d'autres yeux, on s'aperçoit que souvent, c'est pour faire passer un message aux éleveurs. Si on prend des critères techniques aujourd'hui, on a la sensation que le troupeau n'est pas en santé. Or une partie du troupeau est capable de se mettre en pathologie pour te faire avancer dans ton cheminement. Si l'animal a décidé de te faire avancer dans ta vie, il est capable de se créer une pathologie pour te la faire travailler. Je pense que j'ai un lien avec mon troupeau, quand mon troupeau ne va pas bien, je ne vais pas bien.</p> <p>*Quand on travaille sur une pathologie on va chercher la cause. Je passe par la communication animale et à chaque fois l'animal me renvoie sur moi-même.</p> <p>*PB au vêlage : incompétence de l'éleveur (t'as mal préparé ta vache au vêlage, trop grasse)</p> <p>*Préventif : l'alimentation, impacte à 80%. Ça passe par la récolte, le stade auquel tu vas récolter, la typologie de tes prairies, la distribution, le stockage et la distribution c'est un tout.</p> <p>*Individuellement je regarde mon animal : est-ce que c'est un problème mécanique ? Une vache qui boite je vais regarder où elle boite, je vais faire du reboutage. Pareil sur une mammite</p>	<p>Les frais véto ne sont pas indicateur</p> <p>Je regarde animal individuellement,</p> <p>Un indicateur c'est la vache quand tu vas l'emmener au pré qui va être collée à toi alors que normalement elle est au milieu, elle est dedans. La vache qui fait de fièvre, qui ne rumine plus, qui te fait une mammite, la pathologie est là.</p>
Santé éleveur	C'est le bien-être, se faire plaisir dans ce que l'on fait	Les vacances étaient un critère de bien-être. Aujourd'hui, plus dans l'autre sens
Santé des prairies	Je pose une vache dans ma prairie, je vois comment elle réagit, ma vache. Si on part du principe que l'on est dans un cercle vertueux, que des animaux sont en bonne santé parce qu'ils mangent une alimentation qui leur convienne et que la prairie est en santé parce que les animaux les entretiennent par le fait de pâturer l'herbe, de l'assimiler l'hiver, et par leurs déjections, ramènent de la santé à ma prairie. [...] L'idéal de la prairie c'est l'équilibre.	<p>*visualisation de la vache dans la prairie</p> <p>*Stabilité des rendements des prairies</p>

Figure 11 : Extrait d'une grille d'analyse des enquêtes, les pratiques mises en place en prévention apparaissent en vert

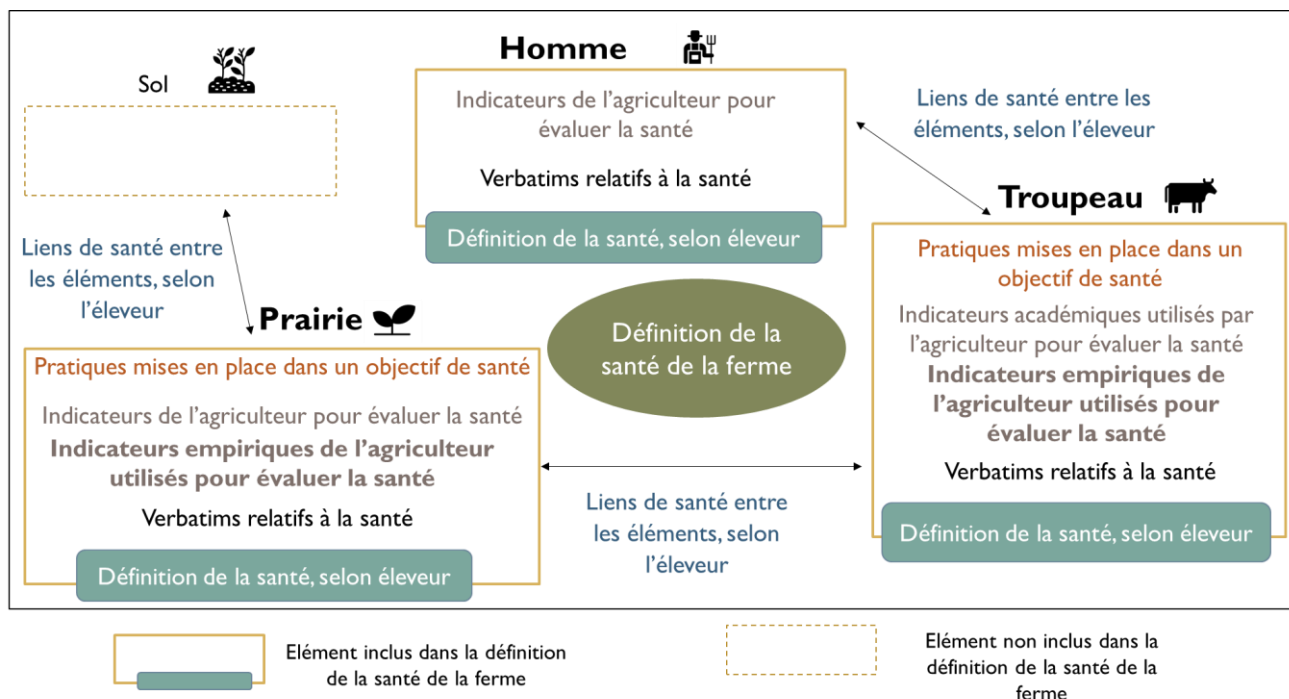


Figure 12 : Représentation de l'analyse des entretiens

2. Résultats

Nous présentons dans un premier temps un cadre formalisé d'une approche globale de la santé des fermes s'appuyant sur la littérature scientifique. Les différentes définitions de la santé des fermes, et les indicateurs associés, des éleveurs seront ensuite développés.

2.1. Construction du cadre théorique d'une approche globale de la santé des fermes

2.1.1. La notion de santé : une notion métaphorique supplémentaire ?

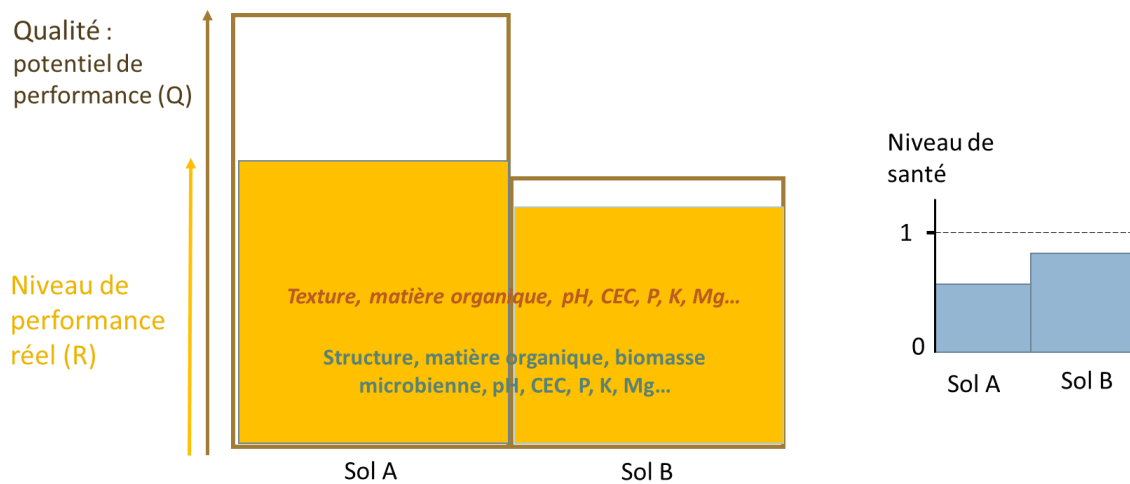
La santé humaine (OMS, 1948) possède une définition communément admise et celle de santé animale semble créer un consensus même si un flou entre les notions de santé animale et bien-être animal demeure (est-ce la même chose ? l'un est-il imbriqué dans l'autre ?) (Nicks & Vandenhede, 2014). Cependant, les définitions de la santé des sols et des prairies sont sujettes à débat du fait de l'image métaphorique et de subjectivité renvoyée par la notion de santé, pouvant alors apparaître comme non scientifique (Janzen et al., 2021). L'utilisation de cette notion rend également difficile des comparaisons robustes –pour le sol et les prairies notamment- dans des contextes pédologiques différents. C'est pour l'ensemble de ces raisons que les notions de santé des sols et des prairies ne sont encore que peu développées et/ou font débat dans la littérature scientifique. En outre, l'analyse de la santé dépend de la définition mais également des indicateurs utilisés pour l'évaluation. Or, aucun consensus n'a été atteint sur les moyens opérationnels de mesure, sur le nombre d'indicateurs pertinents pour caractériser la santé des sols ou des prairies (Baveye, 2021). Face à ce manque de consensus nous allons essayer de clarifier, dans les parties suivantes, les définitions de santé du sol et des prairies ainsi que les indicateurs d'évaluation associés afin de pouvoir établir une approche globale de la santé des fermes.

2.1.2. Santé du sol définie par la littérature scientifique : un sujet qui fait débat

Le sol est une composante essentielle de la biosphère terrestre qui rend de nombreux services écosystémiques, notamment pour l'agriculture. Le sol sert de support physique aux plantes terrestres, il fournit les ressources fondamentales comme l'eau, les nutriments et l'oxygène, il constitue un habitat à une grande variété d'organismes et il participe à la régulation des cycles biogéochimiques avec des impacts significatifs sur le climat global (Costanza et al., 1992; Harris et al., 1996; Nortcliff, 2002; Andrews et al., 2004).

Les notions de qualité des sols, dans un premier temps, puis de santé des sols se sont développées dans la littérature scientifique. La qualité du sol a été définie comme « *la capacité d'un type spécifique de sol à fonctionner, dans les limites d'un écosystème naturel ou géré, pour soutenir la productivité végétale et animale, maintenir ou améliorer la qualité de l'eau et de l'air, et favoriser la santé et l'habitat des êtres humains* » (Karlen et al., 1997). Cette définition témoigne de la perception du sol comme un capital. Le terme de qualité désigne les propriétés inhérentes à un sol (profondeur, texture...) et définit donc un potentiel de fonctionnement et de performance. Avec la notion de santé d'un sol, définie comme « *sa capacité à fonctionner comme un système vivant clef, dans les limites de l'écosystème et de l'utilisation des terres, pour soutenir la productivité biologique, promouvoir la qualité de l'environnement et maintenir la santé des plantes et des animaux et des humains* » (Doran et al., 1997) (figure 14), le sol est alors perçu comme un système socio-écologique (Brauman, 2022). Cette première approche est la plus documentée et peut-être qualifiée de réductionniste : elle partage un certain nombre d'éléments avec la qualité du sol (Kibblewhite et al., 2008). Une seconde approche, plus intégrée admet que la santé du sol est « plus que la somme des contributions d'un ensemble de composants spécifiques », certaines propriétés pouvant être résultantes de l'interaction entre différents processus (Kibblewhite et al., 2008). Ainsi le terme "santé" est réservé aux évaluations des propriétés dynamiques affectées par la gestion du sol (matière organique, structure, biomasse microbienne, etc.). Les indicateurs de santé représentent mieux **la performance réelle du fonctionnement, par rapport à un potentiel défini par la qualité** (Kibblewhite, 2018) (figure 13). De plus, la santé des sols se réfère à des aspect multiples (système intégré, dynamique et vivant) et tend à se concentrer sur les composants biotiques du sol, de par le rôle important tenu par la vie biotique du sol dans la réalisation des processus (maintien de la structure, cycles des nutriments...) (Anderson, 2003 ; Kibblewhite et al., 2008).

Un travail important doit donc être réalisé sur la définition et les indicateurs pour caractériser la santé des sols, puisque selon la fonction ou le service considéré (exemple horticulture, culture de conifères, culture de blé...) les caractéristiques appropriées ou non d'un sol divergent (Bünemann et al., 2018 ; Wander et al., 2019).



Le sol A possède une meilleure qualité que le sol B. Cependant le sol A a une moins bonne santé (santé = R/Q) que le sol B

Indicateurs de la qualité du sol
Indicateurs de la santé du sol

Figure 13 : Différence entre qualité et santé du sol, adapté de Kibblewhite, 2018

La santé des sols agricoles est considérée comme le support des autres santés –plante, animale, humaine – et permet d’aborder un système plus complexe (Doran, 2002) en intégrant des attributs physiques, chimiques et biologiques du sol au sein d’un seul système holistique (Larkin, 2015). Les pratiques (travail du sol, fertilisation, type et diversité de couvert...), assimilées à des indicateurs de moyens, peuvent favoriser la santé du sol (rotation des cultures par exemple) ou au contraire la dégrader (perte de matière organique naturelle du sol due à une production agricole) (Dias et al., 2015; Vukicevich et al., 2016). D’autres indicateurs, qualifiés de résultats, rendent compte des effets des pratiques et permettent d’évaluer la santé des sols. Les processus physiques et chimiques contribuant à la santé du sol étant fortement liés aux activités des organismes du sol ainsi qu’à la structure, il est alors nécessaire pour évaluer la santé du sol d’étudier simultanément ses composants physico-chimiques (texture, pH, C/N...) et son activité biologique (micro-organismes, activité enzymatique, respiration...) (Doran & Zeiss, 2000; Laishram et al., 2012; Lima et al., 2013; Abbott & Manning, 2015) (figure 14). Ces indicateurs, les plus développés au sein de la littérature scientifique permettent d’évaluer une santé plutôt réductionniste des sols. Kibblewhite (2008) dans le cadre d’une approche plus intégrée, propose de se focaliser essentiellement sur les composants biotiques et notamment sur la quantification des flux de carbone et d’énergie tout en reconnaissant la difficulté de mise en œuvre de cette mesure. Par ailleurs, l’outil Biofunctool®, a été développé afin d’évaluer la santé du sol de manière intégrée et notamment ses trois fonctions principales que sont la dynamique du carbone, le cycle des nutriments et le maintien de la structure du sol. Pour cela neuf indicateurs ont été développés : stabilité des agrégats, vitesse d’infiltration, évaluation visuelle de la structure du sol, NO₃- fixé, azote disponible, densité de turricules de vers de terre, activité de la faune du sol (activité de consommation d’un substrat organique), carbone oxydable, respiration basale du sol, biomasse de litière fragmentée (Brauman & Thoumazeau, 2020). De nombreux indicateurs sont ainsi utilisés pour évaluer la santé des sols. Un tableau récapitulatif permet de reprendre les principaux indicateurs référencés, selon leur type (biologique, physique ou chimique), le service écosystémique qu’ils illustrent, la méthode d’évaluation, et s’il s’agit d’indicateurs de moyens ou de résultats (tableau 5).

La santé des sols est en lien avec les autres santés (figure 14) : la capacité d’une plante à résister ou tolérer les insectes nuisibles et les maladies est en partie liée aux propriétés biologiques, physiques et

chimiques des sols (Andreote & Silva, 2017). Cette relation est bilatérale puisque les plantes contribuent à la santé des sols en impactant la faune du sol, la structuration du sol ainsi que la séquestration du carbone dans le sol (Therond et al., 2017). En outre, les pratiques de gestion des sols ont des effets sur les couverts végétaux, ces deux éléments constituent les principaux facteurs influençant la santé des écosystèmes aux échelles locales (Birgé et al., 2016; Duru, 2018). La biodiversité des sols a une influence sur les bilans globaux de gaz à effet de serre (en réduisant ou amplifiant selon leur gestion), permet de réguler la qualité de l'eau, la disponibilité des nutriments (Lehman et al., 2015; Paustian et al., 2016). De plus, la santé du sol est en étroite relation avec celle du troupeau : lorsque les animaux pâturent, les propriétés physico-chimiques du sol (tassement, apport d'éléments nutritionnels via les fèces...) sont impactées. La santé des sols a des conséquences sur la santé des animaux ou la qualité des aliments, via, par exemple, le transfert d'agents pathogènes (Keith et al., 2016). Dans la même logique, la santé des sols affecte la santé humaine. Le sol constitue ainsi l'un des éléments clés des agroécosystèmes et de leur durabilité (Doran, 2002).

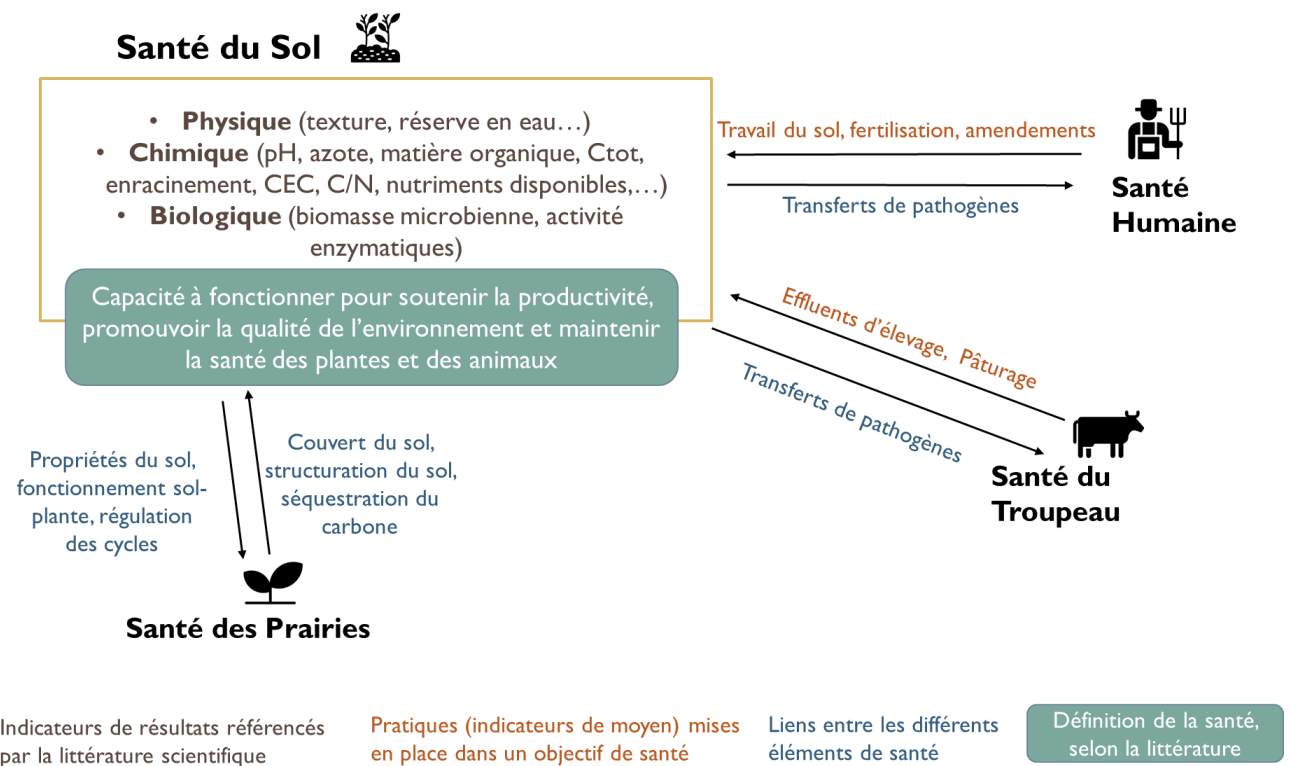


Figure 14 : La santé du sol, définition indicateurs et pratiques la favorisant, selon la littérature scientifique

Tableau 5 : Indicateurs de mesure de la santé du sol selon le type d'indicateur de résultats (C = chimique, Ph = physique, B = biologique), ou de moyen (Pr = pratique), le service écosystémique associé (les moins pertinents sont marqués « - », les plus pertinents sont marqués « + »). Sources : Andreote & Silva, 2017, Brauman & Thoumazeau, 2020. Réalisé avec M. Quandalle, 2021

Indicateurs	Type d'indicateur	Services écosystémiques associé				Méthodes d'évaluation
		Production végétale	Qualité de l'eau	Santé humaine	Contrôle du climat	
pH	C	+	+	+	+	Laboratoire
Nutriments disponibles (N,P,K...)	C	+	+	+	+	Laboratoire
Nutriments échangeables	C	-	+	-	+	Laboratoire
Azote organique total	C	+	+	+	+	Laboratoire
CEC	C	+	+	-	-	Laboratoire
Métaux lourds	C	+	+	+	-	Laboratoire
Densité apparente	Ph	+	+	-	+	Laboratoire
Réserve d'eau	Ph	+	+	+	+	Laboratoire
Stabilité des agrégats et structure	Ph	+	+	-	+	Laboratoire et/ou sur le terrain
Vitesse d'infiltration	Ph	+	+	-	+	Sur le terrain
Carbone organique total	B	+	+	+	+	Laboratoire
Biomasse microbienne	B	+	+	-	+	Laboratoire
Activités enzymatiques	B	+	+	+	+	Laboratoire
Respiration basale du sol	B	+	+	+	+	Sur le terrain
Minéralisation de l'azote	B	+	+	-	+	Laboratoire
Faune du sol, Microorganismes	B	+	+	-	+	Sur le terrain
Turricules	B	+	+	-	+	Sur le terrain
Rotation des cultures	Pr	+	+	+	+	Sur le terrain
Couvert végétal permanent	Pr	+	+	+	+	Sur le terrain
Fertilisation organique	Pr	+	+	+	+	Sur le terrain
Limiter les perturbations du sol (conservation du sol, pas de surpâturage)	Pr	+	+	+	+	Sur le terrain

2.1.3. La santé des prairies, une définition à construire

Les prairies sont des surfaces agricoles dont la végétation est utilisée pour la production de fourrages à récolter et/ou pour le pâturage d'animaux d'élevage. La prairie est également définie comme un écosystème à part entière, avec différentes composantes telles que le sol, les plantes, la biodiversité animale, les activités humaines. Les prairies occupent une place centrale au sein des écosystèmes et des plantes puisqu'elles représentent la plus grande partie de l'écosystème terrestre et relient écosystème et activités humaines via l'agriculture et l'élevage (Behmanesh et al., 2016).

La prairie peut être considérée comme la combinaison du sol et des plantes partageant le même espace et répondant aux mêmes usages (Li et al., 2013b). La santé des prairies est alors définie comme le cumul de la santé des sols, et de la santé des plantes prairiales. Cette dernière correspond à leur capacité à fournir une productivité et fonctionner dans la limite des ressources disponibles (Duru, 2018) (figure 15) et également à maintenir ou rétablir leur fonctionnement face aux stress, c'est-à-dire leur résilience (Döring et al., 2015). Cependant, le statut de la prairie peut poser question ; est-ce un écosystème à part entière ou la composante d'un système plus large ? Dans la littérature la prairie est considérée comme un écosystème à part entière, la santé des prairies est alors perçue comme la santé de l'écosystème, en délimitant cet écosystème aux contours de la prairie (Li et al., 2013a). La notion de santé des écosystèmes souligne la capacité des écosystèmes à fournir des services écologiques comme les régulations biologiques, l'épuration de l'eau (Costanza et al., 1992 ; Lu et al., 2015 ; Maron et al., 2017). Costanza (2012) propose ainsi la définition suivante de la santé des écosystèmes : c'est « *une mesure complète et multi-échelle de la vigueur (mesure de l'activité de l'écosystème), de l'organisation (nombre et diversité des interactions entre les composantes) et de la résilience (capacité à maintenir sa structure et ses processus en présence d'un stress) du système* ». La santé des écosystèmes peut être décrite par six composantes : l'homéostasie, la faible prévalence de maladies, la diversité (complexité), la stabilité ou résilience, la vigueur ou perspective de croissance (mesure de l'activité de l'écosystème), l'équilibre entre les composantes du système (Costanza et al., 1992). La santé des écosystèmes possède également une dimension socio-culturelle puisque l'état de santé désiré est subjectif (Kay, 1991) et dépend notamment des connaissances, priorités, objectifs et valeurs des individus.

La notion de santé des écosystèmes et des prairies a été principalement développée par des chercheurs en sciences de l'environnement (écologie, éco-toxicologie, économie de l'environnement...) et n'est encore que peu employée par d'autres disciplines telle que l'agronomie. Ce manque d'une définition reconnue et consensuelle de la santé des prairies entraîne une absence de véritables repères et indicateurs pour évaluer cette santé. À la suite d'échanges avec des experts agronomes **nous proposons d'évaluer la santé des prairies à travers les services rendus** (Plantureux 2022) :

- le service de production (rendement mais aussi qualité des fourrages) ;
- la qualité des produits (fromages) suite à l'ingestion des fourrages ;
- les services environnementaux (résilience de la prairie à travers sa souplesse d'exploitation et la diversité des espèces végétales) ;
- l'accueil des pollinisateurs ;
- l'absence de dégradation (plante invasives mais aussi invasion par des espèces animales ; relargage de produits phytosanitaires).

En outre, ces indicateurs sont en lien avec la définition de santé des écosystèmes de Costanza (2012) puisque les indicateurs des services de production permettent de mesurer la productivité et la vigueur du système. La résilience des prairies et son niveau d'organisation sont évalués à partir des indicateurs de services environnementaux. Certains auteurs ont proposé dans la littérature scientifique des

indicateurs pour évaluer la santé des écosystèmes, des parcours et des prairies auxquels nous ajoutons les indicateurs établis par expertise (tableau 6). La prairie étant perçue comme un écosystème intégrant santé du sol et des plantes, des indicateurs des deux éléments sont intégrés. Les indicateurs de groupes végétaux fonctionnels / structurels peuvent être différents selon les études scientifiques mais sont tous fondés sur l'observation de la flore et ils indiquent un état de la prairie évalué à un moment donné et son évolution potentielle. Par ailleurs, les prairies font partie d'un système d'élevage donc des indicateurs liés à des objectifs de production (tel que la capacité de charge animal) sont également inclus (tableau 6).

Les services écosystémiques auxquels ces indicateurs répondent sont notamment précisés dans le tableau 6 (Amiaud & Carrère, 2012). De plus, certaines pratiques telles que la fertilisation impactent la santé des plantes, par exemple une plante ayant une haute teneur en azote disponible peut augmenter la vulnérabilité des plantes aux insectes nuisibles (Altieri & Nicholls, 2003).

La santé des prairies est liée à la santé du sol (figure 15) mais aussi à celle du troupeau, via le système fourrager et l'alimentation (les plantes peuvent fournir aux herbivores des composés naturels susceptibles d'améliorer leur santé et bien-être, comme les tanins condensés qui présentent un effet antiparasitaire) (Paolini et al., 2002; Farruggia et al., 2008). Réciproquement, les troupeaux et la méthode de pâturage utilisée affectent la santé des prairies, notamment la structure et la diversité du couvert. La santé des prairies est également liée et à la santé des consommateurs via la qualité sanitaire des produits agricoles (figure 15).

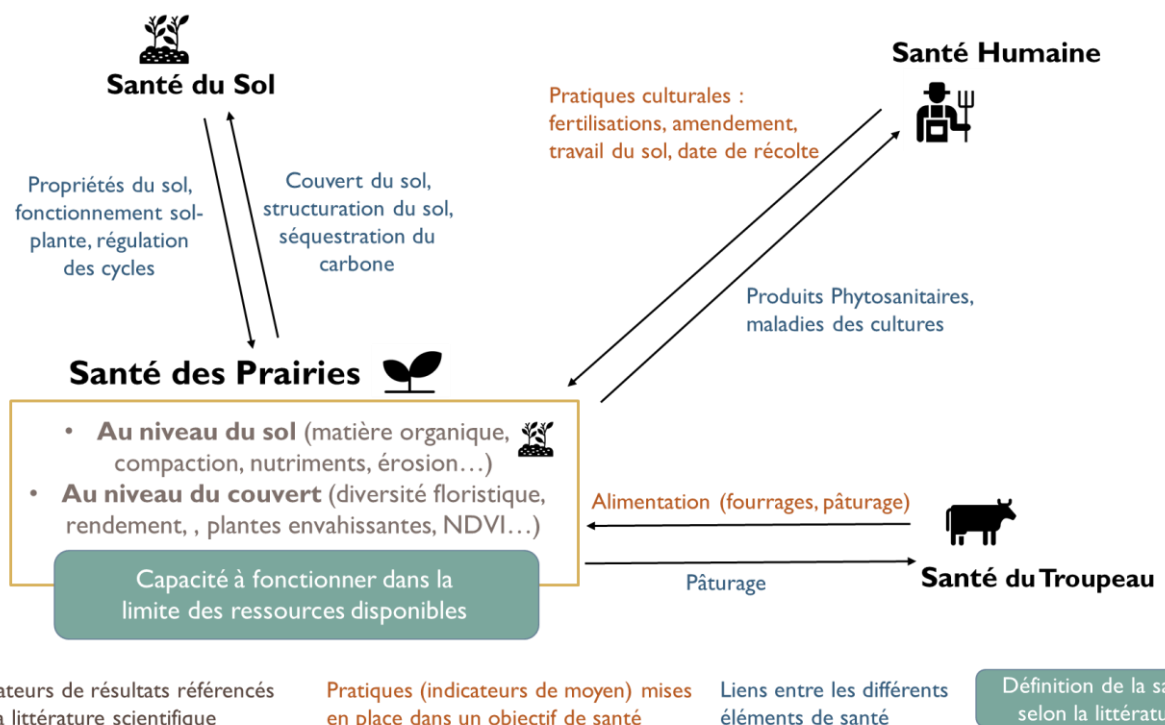


Figure 15 : La santé des prairies, définition, indicateurs et pratiques référencées par la littérature scientifique

Tableau 6 : Indicateurs de la santé des prairies selon le niveau (sol, végétation, animal), le type ((C =chimique, Ph = physique, B = biologique) et les évaluations des services écosystémiques (les moins pertinents sont marqués « - », les plus pertinents sont marqués « + ») et les méthodes d'évaluation. Sources : Costanza, 2012 ; Plantureux 2022, réalisé avec M. Quandalle (2021)

Indicateurs	Niveau de mesure de l'indicateur	Type d'indicateur	Services écosystémiques associé				Méthodes d'évaluation
			Production végétale	Qualité de l'eau	Santé animale	Stabilité structurale du sol	
Erosion, dégradation surface du sol	Sol	Ph	+	+	-	+	Sur le terrain
Ruissellement	Sol	Ph	+	+	-	+	Sur le terrain
Richesse en nutriments du sol (N,P,K)	Sol	Ph	+	-	-	+	Laboratoire
Capacité de stockage du carbone	Sol	Ph	-	-	-	-	Laboratoire
Compaction et structure du sol	Sol	Ph	+	-	-	+	Sur le terrain
Matière organique	Sol	B	+	+	+	+	Laboratoire
Relargage de produit phytosanitaires	Sol	C	-	+	+	-	Laboratoire
Groupes végétaux fonctionnels/structurels Diversité (nombre d'espèces)	Végétation	B	+	+	+	+	Sur le terrain : relevé phytosociologique ou typologie
Souplesse d'exploitation	Végétation	B	+	-	+	-	Sur le terrain
Plantes envahissantes	Végétation	B	+	-	+	-	Sur le terrain
Accueil des pollinisateurs	Végétation	B	-	-	-	-	Sur le terrain
Rendement annuel végétal	Végétation	B	+	-	+	+	Sur le terrain : mesure ou estimation (typologie) Modélisation
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	Végétation	B	+	+	+	+	Modélisation
Qualité des fourrages	Végétation	C	+	-	+	-	Laboratoire
Invasion par une espèce animale	Animal	B	+	-	-	-	Sur le terrain
Qualité des produits (viande, fromage)	Animal	C	-	-	-	-	Laboratoire ou estimation (typologie)
Capacité de charge animale	Animal	Pr	+	+	+	+	Sur le terrain

2.1.4. La santé animale

La santé animale, est souvent décrite comme l'application de la notion de santé à l'animal et consiste donc en l'absence de maladie et à la possibilité de faire face aux perturbations de l'environnement afin d'éviter la douleur et la souffrance (Bertoni et al., 2016). Elle est souvent associée à la notion de bien-être animal (figure 16). En effet, depuis le traité de Lisbonne en 2009, l'animal est défini en tant qu'« être sensible ». Il est capable de ressentir des émotions, d'avoir des besoins et d'accéder à un certain degré de conscience, interrogeant certains types de relations aux vivants présents dans des systèmes d'élevage qui répondent à des objectifs de production et de rentabilité et au sein desquels l'animal est considéré comme une « machine ». Le bien-être est lié « à la satisfaction des besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que des attentes [des animaux]. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal » (ANSES, 2018). Le bien-être animal est généralement décrit dans la littérature par **cinq libertés : Absence de faim, de soif et de malnutrition ; Absence d'inconfort physique ; Absence de douleur, de blessure et de maladie ; Possibilité d'exprimer des comportements normaux de l'espèce ; Absence de peur et de détresse** (Farm Animal Welfare Council, 1992). Le respect des besoins physiologiques, sanitaires, comportementaux, environnementaux et psychologiques des animaux permet ainsi à l'animal d'atteindre un état de bien-être, qui par la suite est inclus dans la santé. La satisfaction de ces besoins permet en outre aux animaux d'élevage de remplir leurs fonctions de production et reproduction, inhérentes à tout système d'élevage, tout en maintenant sa longévité.

Le projet Européen Welfare quality® a proposé à partir de ces principes un ensemble de critères et de mesures évaluant le bien-être à l'échelle de l'animal et du troupeau. Ainsi un examen du troupeau (Note d'Etat Corporel (NEC), toux, diarrhées, boiteries, propreté, étude du comportement, présence de lésions, comptage cellulaire du lait) et du bâtiment (abreuvoirs, température, luminosité...) permet d'évaluer le bien-être animal. Outre cette évaluation du bien-être animal, la santé animale inclut des indicateurs de reproduction (intervalle entre deux vêlages (IVV), pourcentage de réussite à la première insémination...), d'état nutritionnel (métabolites sanguins) et sanitaires plus globaux (parasitisme, cahier sanitaire regroupant les interventions, l'utilisation de traitement allopathiques...) (Commun et al., 2016). Ces indicateurs sont synthétisés dans le tableau 7.

La santé animale est en étroite relation avec celle du sol et des prairies (figure 16). Les produits animaux, par leur consommation par l'Homme impactent également la santé humaine (Tilman & Clark, 2014) (figure 16).

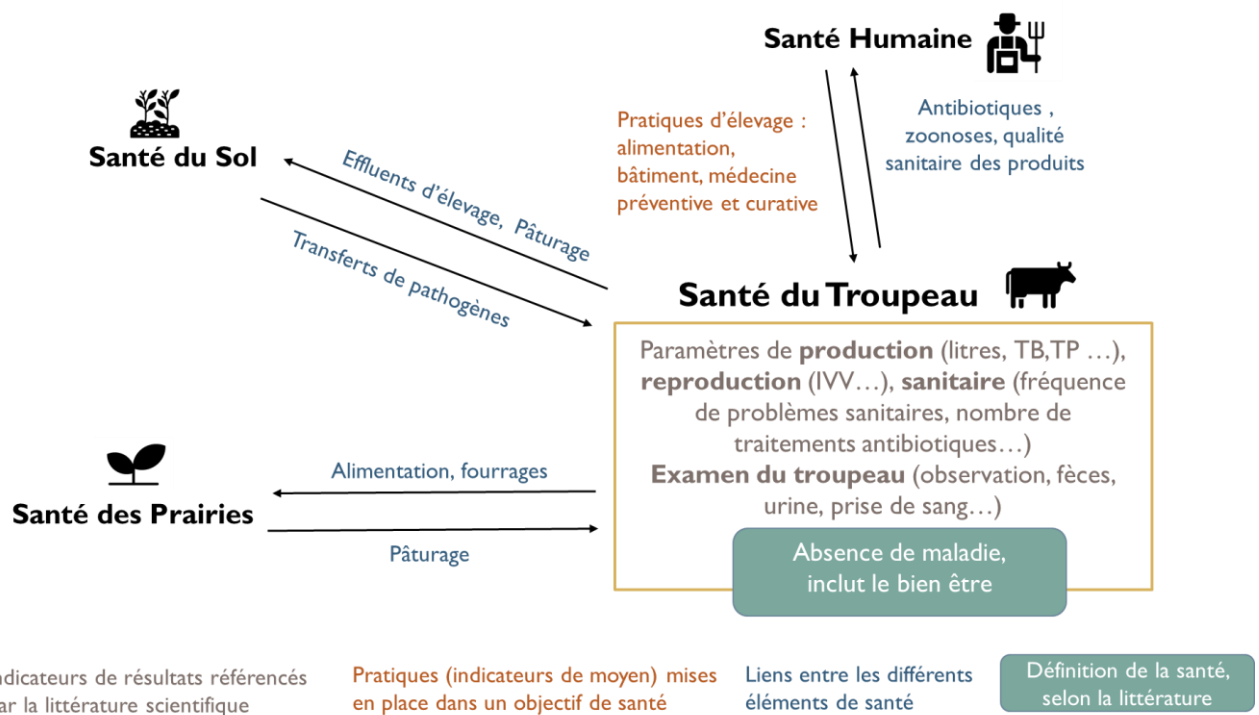


Figure 16 : La santé animale, définition, indicateurs et pratiques référencées par la littérature scientifique

Tableau 7 : Indicateurs de santé et bien-être animal, selon les cinq libertés et les méthodes d'évaluation. AGNE = Acides Gras Non Estérifiés, BHB = Beta-Hydroxybutyrate

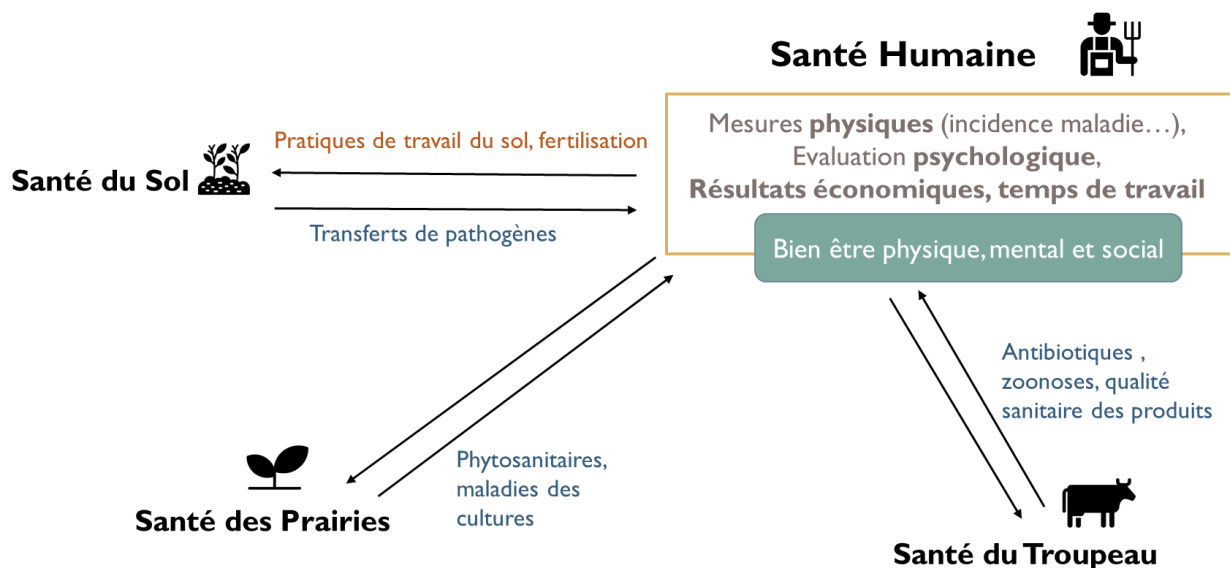
Famille de critère	Exemple d'indicateur	Liberté de bien-être animal	Méthode d'évaluation
Alimentation/ Etat nutritionnel des animaux	Etat d'engraissement des animaux ; Remplissage du rumen Métabolites sanguins (BHB, AGNE, glucose, minéraux)	Absence de faim, de soif et de malnutrition	Sur le terrain, mesure individuelle + laboratoire
Sanitaire	% de mortalité (naissance, sevrage...) ; % de maladie/VL/an (mammites...) ; % de blessures, de boiterie ; Cellules dans le lait Métabolites sanguins (marqueurs de stress, acidoses...)	Absence de douleur, de blessure et de maladie	Sur le terrain + Laboratoire + Documents sanitaires
Comportement	Distance d'évitement ; Qualitative Behavior Assesment	Possibilité d'exprimer des comportements normaux de l'espèce ; Absence de peur et de détresse	Sur le terrain, mesure individuelles et globales
Reproduction	IVV % réussite 1ere insémination artificielle	Absence de faim, de soif et de malnutrition, Absence de douleur, de blessure et de maladie	Sur le terrain + Documents techniques
Bâtiment	Zone de couchage ; Accès à l'auge, à l'abreuvoir ; Propreté ; Luminosité...	Absence de faim, de soif et de malnutrition ; Absence d'inconfort physique ; Possibilité d'exprimer des comportements normaux	Sur le terrain

2.1.5. La santé humaine

La santé humaine est définie comme **un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité** (OMS, 1948) (figure 17). La santé humaine intègre donc des dimensions aussi bien physiques que psychologiques. Elle a fait l'objet de nombreuses études dans le secteur agricole (Cross et al., 2008; Kaufman, 2015; Khan et al., 2018; David et al., 2021), notamment parce que le taux de suicide des agriculteurs est plus élevé que pour d'autres secteurs professionnels. Certains travaux se sont intéressés aux raisons amenant au mal-être des agriculteurs : ces derniers ont le sentiment de ne pas maîtriser leur destin, notamment économique puisqu'une grande part d'entre eux ne sont pas maîtres de leurs prix de vente et leur survie financière dépend des aides versées par la politique agricole commune. La santé économique de l'exploitation demeure l'une des principales sources de souffrance des agriculteurs, auxquelles s'ajoute un temps de travail hebdomadaire supérieur à celui, en moyenne, des actifs français (Chaudat et al., 2021). En outre, certains problèmes de santé physique et psychologique peuvent aussi être plus présents chez les agriculteurs que dans le reste de la population avec des facteurs de risque identifiés tels que l'exposition aux pesticides, une forte prévalence du stress et de la dépression (David et al., 2021).

La santé des agriculteurs a fait l'objet de travaux qui ont proposé des indicateurs psychologiques (Rickson et al., 1999; Cross et al., 2008; Kaufman, 2015; Khan et al., 2018; David et al., 2021) et physiques (Cross et al., 2008; Kaufman, 2015; Khan et al., 2018; Kongtip et al., 2018; Hutter et al., 2021) pour l'évaluer (tableau 8). Au vu des raisons avancées par les agriculteurs concernant leur mal-être, des indicateurs intégrant les résultats économiques et le temps de travail des agriculteurs sont à prendre en compte pour évaluer leur santé et leur bien-être. Ces éléments sont présentés dans le tableau 8 et la figure 17.

L'agriculteur par ses objectifs, les décisions et pratiques de gestion mises en place sur sa ferme, participe également de manière prépondérante à la santé des autres éléments de l'exploitation agricole (figure 17). Les qualités nutritionnelles des produits agricoles (ratio Omega 6/ Omega 3 par exemple) impacte la santé du consommateur (Duru et al., 2017). La santé humaine inclut la santé des agriculteurs, mais aussi celle des consommateurs. La santé humaine est également impactée par la santé des écosystèmes (plantes, animaux, sols...) puisque selon la Commission Lancet sur la pollution, le nombre de décès supplémentaires dus à la pollution mondiale de l'air, de l'eau et des terres en 2015 a été estimé à 9 millions (S. Myers, 2017). La biodiversité favorise une alimentation diversifiée, participe également à la réduction des maladies inflammatoires et régule la fréquence d'apparition de nouvelles maladies telles que les zoonoses (Sandifer et al., 2015; Johnson et al., 2020). Ainsi, les modifications des écosystèmes à l'échelle planétaire, dues aux activités humaines, constituent l'une des plus grandes menaces pour la santé humaine (S. S. Myers & Patz, 2009). Dans le cadre d'une approche globale de la santé des fermes, l'évaluation se déployant à l'échelle de la ferme, seule la santé des agriculteurs est considérée.



Indicateurs de résultats référencés par la littérature scientifique

Pratiques (indicateurs de moyen) mises en place dans un objectif de santé

Liens entre les différents éléments de santé

Définition de la santé, selon la littérature

Figure 17 : La santé humaine, définition, indicateurs d'évaluation et pratiques référencées par la littérature scientifique

Tableau 8 : Indicateurs d'évaluation de la santé et du bien-être des agriculteurs

Famille de critère	Exemple d'indicateur	Méthode d'évaluation	Résultats/ Moyen
Santé psychologique et bien être	Adjectifs spécifiques ; Echelles : Short Depression Happiness Scale, Center for Epidemologic Studies Depression ; Symptôme neurologique et du comportement Temps de travail et pénibilité	Entretiens avec les agriculteurs	Indicateurs de résultats
Santé physique	Analyses biologiques (hormones, cholestérol, lymphocytes...); Symptôme physique (rash de peau, symptôme moteurs, troubles respiratoires...)	Entretiens avec les agriculteurs Laboratoire	Indicateurs de résultats

2.1.6. Cadre d'analyse d'une approche globale de la santé des fermes

A partir du concept de santé unique et des différents éléments de santé associés (sol, plante, troupeau, éleveur), le travail d'analyse de la littérature et d'expertise a permis d'aboutir à un cadre d'analyse de la santé d'une ferme (figure 18). Celui-ci intègre les définitions des santé humaines, animales, des plantes et du sol ainsi que les indicateurs de résultats permettant de les évaluer. Les pratiques de gestion – indicateurs de moyens- les indicateurs de résultats et liens entre les différents éléments du système sont également représentés. Ce premier cadre d'analyse de la santé, théorique, s'appuie uniquement sur les définitions et indicateurs de la littérature scientifique et n'intègre pas les acteurs du terrain et leurs connaissances. Or, puisque les agriculteurs construisent par leur expérience quotidienne des connaissances et une réalité différente, il est donc nécessaire de confronter ce cadre théorique avec le terrain, de voir s'il diffère avec les métriques du terrain et de l'adapter si besoin –en combinant les deux types de métriques- afin de le rendre opérationnel.

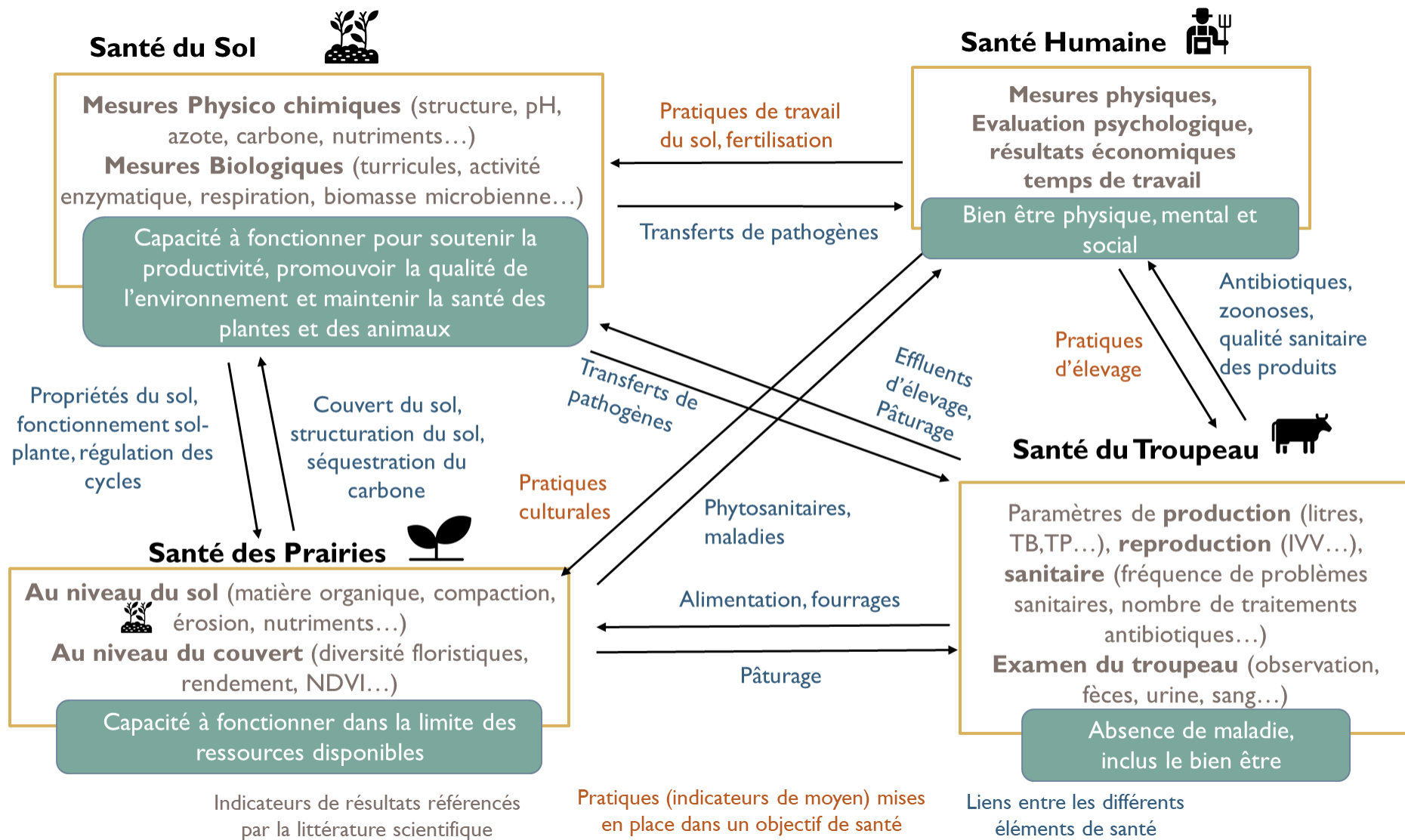


Figure 18 : Cadre d'analyse complet de la santé des fermes

2.2. *Définition empirique d'une approche globale de la santé d'une ferme*

Les enquêtes sur les fermes ont tout d'abord permis de compléter les éléments définis dans le cadre théorique d'une approche globale de la santé et les métriques associées. L'ensemble des éleveurs interrogés ont été capables de définir une « santé des fermes ». Trois types de définition ont pu être identifiés, et confrontés au cadre théorique :

Pour le premier type (n=1), la santé de la ferme correspond **avant tout à la santé animale**. Dans nos enquêtes, l'éleveur qui relève de ce type fait également des liens entre l'alimentation des animaux, leur santé et l'impact sur la qualité du lait et du fromage.

Pour le second type (n=2), c'est **la santé économique et la santé de l'éleveur** qui définit la santé de la ferme. Cette santé des éleveurs inclut la santé physique, le bien-être et également la santé économique de la ferme.

Enfin, le dernier type (n=8) associe la santé de la ferme à un **cercle vertueux entre la prairie, le troupeau et l'éleveur**. En plus de cette vision holistique, les éleveurs partagent l'idée d'un système résilient et autonome pour caractériser une ferme « en bonne santé ».

Pour chaque type identifié, nous avons réalisé un schéma permettant de représenter les définitions des santés données par les éleveurs mais aussi les signes pour les évaluer, les pratiques mises en place dans un objectif de santé ainsi que les liens entre les entités. Dans chaque description des types, les verbatims des agriculteurs sont notés « entre guillemets ».

2.2.1. Type 1 : la santé animale au cœur de la santé de la ferme

Ce type est composé d'un seul individu mais son existence est justifiée par les particularités décelées.

Définition de la santé de la ferme

Pour définir la santé de la ferme cet éleveur utilise comme clé d'entrée la santé animale : « la priorité c'est la santé de la vache ». La santé de la ferme admet pour seconde clé d'entrée, en lien avec la santé animale, la santé de l'éleveur (figure 19).

La santé animale, au cœur de la santé de la ferme

Pour cet éleveur un animal en santé est « un animal qui n'est ni malade ni fragile ». Cette santé est évaluée au quotidien essentiellement à travers des signes observés sur les animaux (poils brillants ou qui rebiquent, les bouses, rumination, position des oreilles...) et leur comportement. Cet éleveur explicite un lien entre la santé animale et celle du lait : un animal en santé produira du lait en santé, c'est-à-dire « n'intoxiquant pas le consommateur ». Le comportement du caillé (caillé figé, désagrégé, gonflé...) - conservé pendant plusieurs jours à température ambiante - est également utilisé comme indicateur de santé du lait et de présence des germes « thermophiles et coliformes ». Cet éleveur a recours à la phytothérapie et à des cures préventives pour maintenir la bonne santé de son troupeau. L'alimentation, notamment le stade de récolte et la voie de conservation des fourrages (fermentés ou non), impacte également la santé animale.

Santé prairies et sol : en lien avec la santé animale

Si des liens sont établis entre système fourrager et santé animale, cet éleveur ne donne pour autant aucune définition de la santé des prairies ou du sol, il « n'utilise pas ce mot ». L'état ou la santé d'une prairie est évalué par le rendement, la diversité et les espèces végétales présentes dans la prairie ainsi que par le tassement du sol. Certaines pratiques de gestion des prairies sont mises en place « pour le bien de la prairie », pour limiter « la fragilité de la prairie » pouvant relever de pratiques favorisant la santé de la prairie. Ainsi, sur cette ferme, les fauches se font à différents stades et incluant des stades tardifs (entre épiaison et floraison), et l'utilisation des parcelles se fait en alternant fauche et pâture. La herse est notamment utilisée pour « faire rentrer la lumière et la chaleur dans le sol, ce qui développe la vie microbienne ».

Santé et bien-être de l'éleveur : élément essentiel

Outre la santé animale, le second pilier de la santé de la ferme, pour cet éleveur, est la santé et le bien-être de l'éleveur. Le bien-être de cet éleveur se traduit notamment via le rythme de travail (temps de travail hebdomadaire, nombres de jours de congés, pénibilité) mais aussi par des dimensions économiques (qui lui permettent de vivre) et éthique. Cet éleveur souhaite ainsi développer un système aussi autonome que possible et qui alimente la population locale (vente des produits laitiers uniquement dans un rayon de 50 km autour de la ferme). Il souhaite également produire des fromages de qualité afin de ne pas impacter négativement la santé des consommateurs. La place de l'éleveur est primordiale pour la santé animale, la relation entre l'éleveur et son troupeau va notamment impacter la santé animale.

Type I : Santé de la ferme = santé animale (n=1)

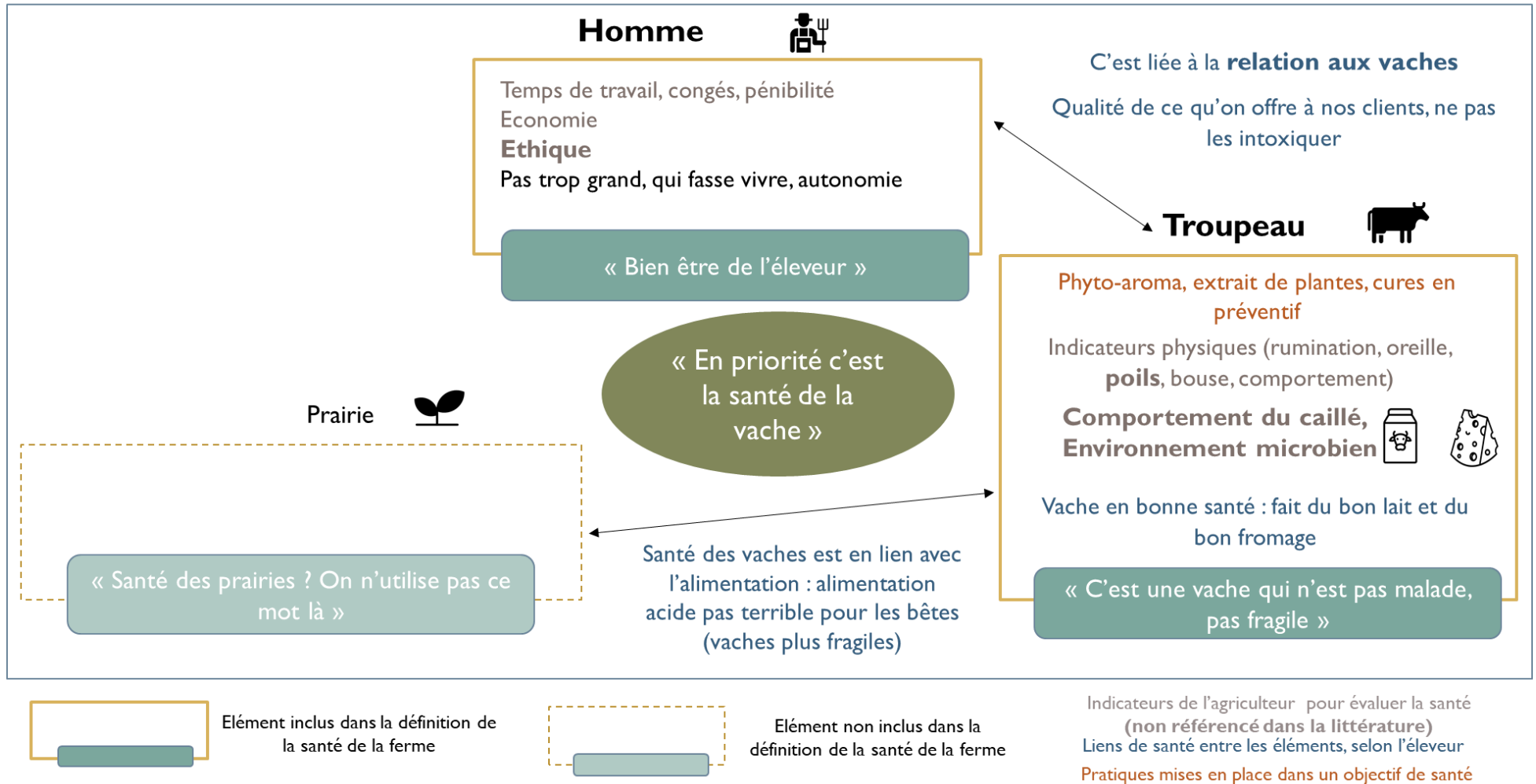


Figure 19 : Cadre de la santé de la ferme du type 1 : la santé animale comme priorité. Les éléments en gras constituent des indicateurs et liens établis par l'éleveur mais non référencés dans la littérature scientifique

2.2.2. Type 2 : la santé de l'éleveur, priorité de la santé de la ferme

Ce groupe est composé de deux individus pour qui la santé de la ferme est avant tout « la santé économique » et « la santé de l'éleveur » (figure 20). La seconde clé d'entrée de la santé de la ferme est la santé animale.

Santé de l'éleveur

La santé de l'éleveur inclut la santé physique et psychologique. Ainsi un éleveur en bonne santé est un éleveur « content », qui « fait ce qu'il a envie de faire ». Afin de favoriser ce bien-être, certaines pratiques sont mises en place, comme des vêlages étalés afin de limiter des surcharges de travail trop importantes à certaines périodes. La santé de l'éleveur intègre une dimension économique, via la rentabilité de l'activité agricole.

Santé animale

Pour les éleveurs de ce type, l'état de santé de l'éleveur, notamment psychologique, agit directement sur la santé du troupeau. La santé animale correspond à l'état de l'animal : un animal en bonne santé ne rencontre pas de souci particulier et est donc « un animal qui produit bien et se reproduit bien ».

Pour évaluer cette santé animale, ces éleveurs utilisent essentiellement des indicateurs physiques visuels (état d'engraissement, poils, bouses) et des indicateurs de comportement (position dans le troupeau, comportement lors de la traite). Les événements sanitaires (boiteries, mammites...), ainsi que les résultats de production et reproduction sont également des indicateurs utilisés par ces éleveurs (figure 20). Pour favoriser la santé animale, le principal levier est l'alimentation et plus particulièrement sa richesse en fibres afin de favoriser un bon fonctionnement du rumen. Pour l'un des deux éleveurs, le choix de certaines races (race rustique entraînant un meilleur état), ou encore un aménagement adapté du bâtiment font également partie des pratiques mises en place dans un objectif de santé et bien-être animal. En curatif les huiles essentielles, l'argile et les antibiotiques peuvent être utilisés.

Santé des prairies et sol

Pour les éleveurs de ce type, la santé de la prairie correspond à un état évalué par des indicateurs visuels tels que la diversité des espèces présentes (notamment la présence de légumineuses), la couleur du couvert, le rendement. La couleur du couvert est évaluée selon une gamme allant du jaune au vert, le jaune étant associé à une mauvaise santé et le vert à une bonne santé. Par ailleurs, pour l'un des deux agriculteurs, l'invasion de campagnols terrestres dans les prairies est un marqueur de mauvaise santé de la prairie alors qu'au contraire la présence d'abeilles démontre une bonne santé. Une prairie en santé est également une prairie qui se ressème par elle-même, ce qui se traduit notamment par la mise en place de fauches tardives tous les 3-4 ans. La santé du sol, définie pour un des deux éleveurs, correspond à « un sol qui vit ». La santé du sol est évaluée par le pH et la quantité de fer sur les analyses de sols mais aussi sa structure, c'est-à-dire « sa souplesse quand on gratte le sol » et la quantité de turricules. L'utilisation de la herse favorise la santé des prairies et du sol (lutte contre l'asphyxie et dégradation de la matière organique en activant la vie microbienne). La gestion du pâturage et de la fauche selon la portance du sol et les conditions climatiques est également un élément déterminant de la santé des prairies et du sol afin de limiter les tassements.

Type 2 : Santé de la ferme = santé de l'éleveur, santé économique (n=2)

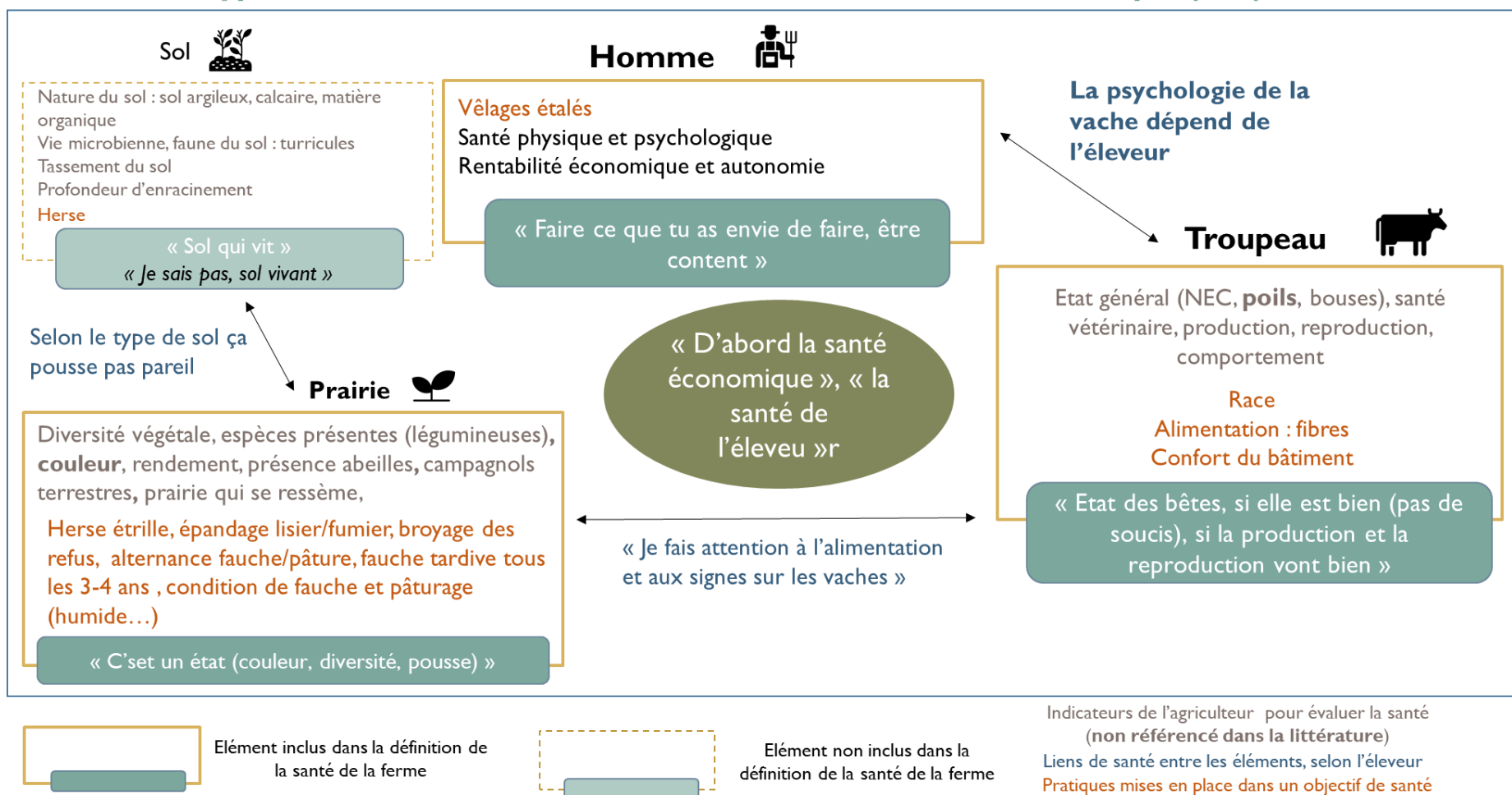


Figure 20 : Cadre de la santé de la ferme du type 2 : la santé de l'éleveur comme priorité. Les éléments en gras constituent des indicateurs et liens établis par les éleveurs mais non référencés dans la littérature scientifique

2.2.3. Type 3 : la santé de la ferme, un cercle vertueux associant santé des prairies, du troupeau et de l'éleveur

Ce type rassemble les éleveurs donnant les définitions les plus holistiques à la santé de la ferme. Pour ces 8 éleveurs, la santé de la ferme correspond à un **cercle vertueux entre l'éleveur, les prairies, le troupeau**, avec en outre pour certains éleveurs une intégration spécifique du sol, puisque « tout est lié » (figure 21). L'élément servant de clé d'entrée à la définition de la santé de la ferme est variable selon les éleveurs.

Santé de l'éleveur

Pour les éleveurs de ce type, la santé de l'éleveur constitue un élément clé de la santé de la ferme, puisque c'est lui « *qui dirige* » le système. Cette santé est associée à la notion de bien-être et au fait de « *se faire plaisir dans ce que [l'éleveur] fait* » et d'aimer son métier (figure 21). Pour 6 éleveurs, la santé de l'éleveur se traduit par la recherche d'une amélioration des conditions de travail pour avoir plus de temps libre, et pour certains, si possible, mieux gagner leur vie. Par ailleurs, la santé humaine inclut également « la santé des consommateurs » qui est impactée par la qualité et la santé des produits agricoles. Pour l'ensemble des 8 éleveurs, la santé de l'éleveur, son bien-être et son comportement sont en relation directe avec la santé animale : « le troupeau reflète l'éleveur ».

Santé animale

Cette relation éleveur-animal engendre, pour certains éleveurs (n=3), une dimension psychologique importante dans la définition de la santé animale. Ainsi « les frais vétérinaires ou la production par animal ne sont plus un indicateur de santé d'un troupeau, la santé c'est autre chose. La pathologie d'un élevage souvent, c'est pour faire passer un message aux éleveurs. Si l'animal a décidé de te faire avancer dans ta vie il peut se créer une pathologie ». Un animal en bonne santé est défini comme un animal « qui ne pose pas de problème, est autonome », pour lequel l'éleveur n'a pas besoin d'intervenir et avec « des vaches qui vieillissent bien ». L'âge de réforme des animaux est donc un indicateur de santé.

Ces éleveurs évaluent la santé de leur troupeau grâce à des indicateurs physiques observés sur les animaux – qualifiés par certains éleveurs de « signes alimentaires » - tels que la rumination, les poils (brillance, couleur, léchage...), les bouses, les écoulements (nez, œil), des signes d'inflammation (gonflement, couleur rouge) et le comportement des animaux (aussi bien au sein du troupeau qu'avec l'éleveur). Le comportement du caillé est observé, comme pour l'éleveur du type 1, pour évaluer la santé animale (figure 21). La relation et « l'harmonie » entre l'éleveur et son troupeau est perçue comme un élément préventif, jouant un rôle sur l'immunité, en limitant le stress. Cela se traduit par la mise en place de certaines pratiques comme la communication animale, utilisée par 5 éleveurs de ce type. La communication animale permet de « trouver la cause de la pathologie » mais est aussi utilisée en préventif, comme lors de la séparation des mères avec leur veau. Ainsi un éleveur explique que « *depuis qu'[il] fait de la communication avec [ses] animaux [il] n'[a] plus de mammites après vêlages qui pourraient être dues par exemple à la séparation de la mère avec son veau* ». Certains éleveurs de ce type ont également choisi certaines races pour favoriser la santé, que ce soit des races qualifiées de rustiques (Vosgiennes, Ferrandaises par exemple) ou des races jugées calmes et apportant de la sérénité dans le troupeau (Normandes). Enfin, sept éleveurs de ce type élèvent les veaux sous la mère ou avec des mères nourrices (quelques semaines ou jusqu'au sevrage) notamment pour favoriser la croissance et la santé des veaux. Le principal levier de prévention de la santé animale est l'alimentation, basée sur des fourrages secs et fibreux (différents fourrages distribués, jeunes et plus tardifs). Les fourrages conservés par voie humide sont évités car « *un aliment qui se retrouve dans un milieu anaérobique ne va plus*

alimenter correctement la vache en microorganismes ». Afin de favoriser la valorisation de la ration et « *la stabilité du rumen* », les fourrages sont rationnés et distribués en « *deux repas identiques, matin et soir, dans un ordre bien défini* ». Au pâturage, un rationnement au fil permet également, pour ces éleveurs, de favoriser la santé animale.

Santé des prairies

Une prairie en bonne santé est, pour ces éleveurs, une prairie qui « *fonctionne bien* », « *est autonome, qui est résiliente, se renouvelle et s'adapte* » et « *fournit ce qu'il faut aux vaches* ».

La santé d'une prairie est évaluée par la diversité végétale (nombre d'espèces et présence de graminées, légumineuses, les plantes bio indicatrices), le rendement, la densité du couvert, les couleurs présentes, une pousse régulière sans s'éclaircir et le réensemencement naturel de la prairie (figure 21). La densité du couvert correspond notamment à la manière dont les graminées se développent et colonisent l'espace au sein de la prairie : en touffe (font des talles), en plaque (occupent l'espace en rampant) ou en coussin (feuilles fines, étroites, courtes, créent un sol élastique). La présence de campagnols terrestres est signe de dégradation de la santé de la prairie. La complémentarité des parcelles au sein d'une ferme (précoce/tardive, humide/séchante) est également un facteur important de santé. Certains indicateurs de la santé des prairies sont évalués au niveau du sol - comme le tassement, l'élasticité du sol (capacité des agrégats du sol à se réagglomérer), l'enracinement (vont en profondeur, tapis à la surface...) - ou au niveau de la vache (observation de son comportement, de sa production lorsque que la vache est dans la prairie). Différentes pratiques sont mises en place pour favoriser la santé : limiter la fertilisation, alterner la fauche et le pâturage, alterner le stade de fauche pour réaliser des fauches tardives permettant un réensemencement, ne pas surpâturer, laisser l'implantation de haie. Alors que 5 éleveurs travaillent leurs prairies avec une herse étrille – en suivant le calendrier lunaire –, pour les trois autres éleveurs la santé de la prairie est favorisée par l'absence du travail de sol (et donc par le fait de ne pas ébousser par exemple). « *La vie du sol apporte de la santé à la prairie* » alors que cette dernière reflète l'état de santé du sol. Un des éleveurs, en biodynamie, apporte des « *préparations* » au sol pour favoriser la santé des prairies, tout en suivant le calendrier lunaire.

Santé du sol

Si la santé du sol n'est pas toujours clairement définie, pour 3 éleveurs, un sol en bonne santé est un « *sol sain, vivant, qui fonctionne bien* ».

Cette santé est donc évaluée par la production du couvert végétal, les plantes bio indicatrices (humidité par exemple), le tassement du sol, son humidité, la faune du sol, la teneur en matière organique. Certains agriculteurs font également un lien entre les microorganismes présents dans le sol et ceux présents dans le rumen, sol et rumen fonctionnant donc de la même manière. Afin de favoriser la santé du sol, certains mettent en avant l'importance d'un non travail du sol tandis que d'autres (4) utilisent la herse étrille. Le fait de ne pas sur-pâturer, de limiter la fertilisation et notamment de fractionner les apports favorisent également la santé afin de ne pas « *gaver* » le sol.

Type 3 : Cercle vertueux (n = 8)

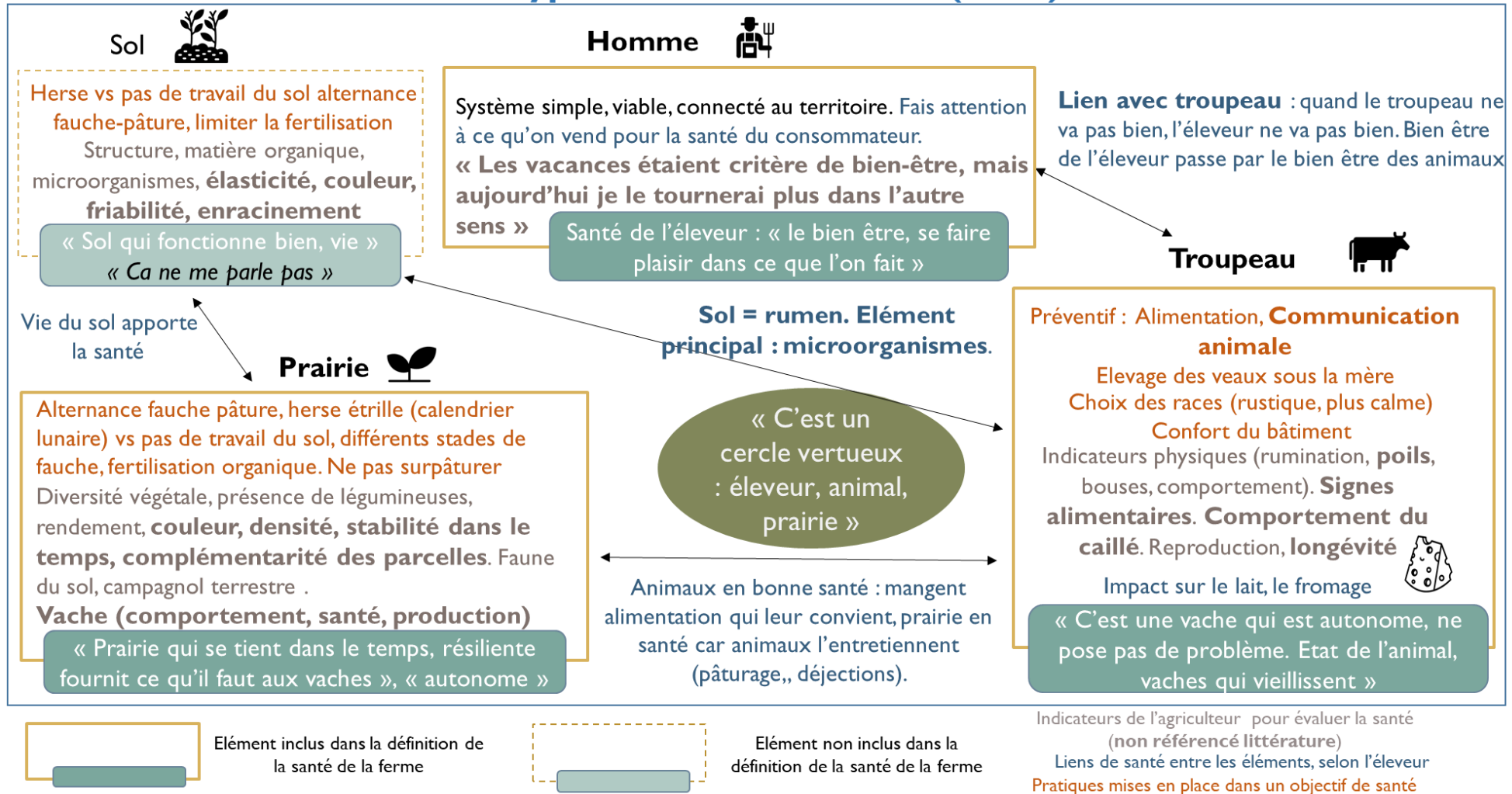


Figure 21 : Cadre de la santé de la ferme du type 3, la santé comme cercle vertueux. Les éléments en gras constituent des indicateurs et liens établis par les éleveurs mais non référencés dans la littérature scientifique

3. Discussion

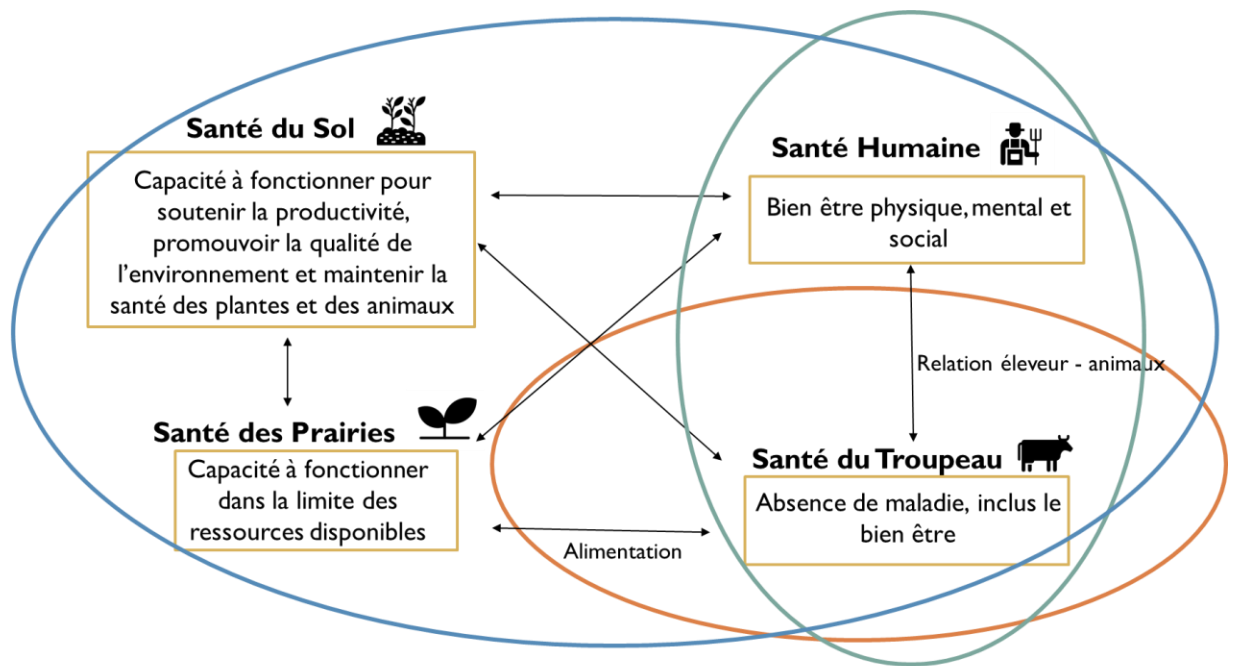
Conformément à notre objectif, nous avons pu construire un cadre d'analyse d'une approche globale de la santé des fermes, que nous avons ensuite confronté au terrain en réalisant des entretiens auprès d'éleveurs. Ces entretiens nous ont permis d'identifier trois types de définition de la santé des fermes, selon les agriculteurs.

3.1. La santé d'une ferme, une notion qui parle sur le terrain à travers une diversité de définitions

Dans le contexte actuel d'émergence de crises sanitaires, liées aux bouleversements écologiques, la notion de santé est en plein essor avec des travaux de plus en plus nombreux concernant les approches globales de la santé et les concepts One Health, Eco Health, Global Health, Planetary Health, Santé unique (voir première partie). Les débats autour du concept One Health et notamment l'évolution de sa définition qui propose une meilleure intégration de la santé des écosystèmes et de la santé végétale (OHHLEP, 2021) montrent que des travaux sont encore nécessaires pour stabiliser ces concepts. Dans notre travail, nous avons fait le choix de combiner l'approche de santé unique, développée par Duru et Théron, à une approche pragmatique. Notre travail a ainsi permis d'approfondir le concept de santé unique en détaillant chaque élément de cette santé (sol, prairie, troupeau éleveur) et les liens entre ces différentes santé. Il a également permis, conformément à notre hypothèse, de concevoir un cadre d'analyse de la santé à l'échelle de la ferme grâce aux pôles de santé des sols, plantes, animaux, éleveurs que l'on peut évaluer à partir d'indicateurs facilement mesurables.

Alors que la notion de santé n'est pas encore réellement définie à l'échelle de la ferme par la littérature scientifique, dans notre étude, l'ensemble des éleveurs enquêtés a été en capacité de donner une définition de la santé d'une ferme. A partir de notre travail sur le terrain nous avons identifié trois types de définition qui possèdent une dimension holistique se développant progressivement du type 1 ou type 3. Les types 1 et 2 pourraient alors constituer des cheminements vers le type 3. Les chemins suivis par les éleveurs sont différents selon leur propre histoire, leurs affinités. Ainsi la santé du troupeau, de l'éleveur ou celle des prairies forment différentes clés d'entrée vers une vision holistique de la santé. Ces 3 types de santé de la ferme identifiés et les cheminements conduisant au type 3 sont à confirmer auprès d'un nombre de fermes plus important.

Le cadre théorique s'appuyant sur la santé unique inclut la santé du troupeau, des sols, des prairies et des éleveurs dans son périmètre (Duru & Therond, 2019). Au sein des fermes enquêtées, deux piliers partagés avec la santé unique sont toujours présents : la santé de l'éleveur et la santé du troupeau. Les santé des prairies et des sols présentes dans le cadre théorique, se retrouvent uniquement chez des éleveurs appartenant essentiellement au type 3 (figure 22). Pour les éleveurs, les santé des sols et des prairies forment généralement un seul bloc. Ce principe rejoint certains auteurs de la littérature scientifique qui évaluent la santé des prairies à l'aide d'indicateurs mesurés au sein du couvert végétal mais aussi du sol (Costanza, 2012).



Type 1 : santé ferme = santé animale (n=1)

Type 2 : Santé de la ferme = économie, de l'éleveur (n=2)

Type 3 : cercle vertueux prairie, sol, animaux, éleveur (n=8)

Figure 22 : Confrontation des définitions de la santé des fermes des agriculteurs au cadre théorique

La notion de santé et bien-être animal définie par les agriculteurs est en accord avec celle de la littérature scientifique et des cinq libertés (voir section 2.1.4 de chapitre). Cependant, les éleveurs attribuent plus d'importance à la dimension psychologique de la santé animale, notamment son rôle préventif dans l'apparition des pathologies (figure 23). Par ailleurs, le lien avec l'éleveur, la relation Homme-animal et son impact sur la santé et le bien-être – aussi bien pour l'éleveur que pour le troupeau – est mis en avant par les éleveurs de manière prépondérante contrairement à la littérature scientifique. Cela s'explique notamment par le fait qu'il s'agit d'un vécu quotidien des éleveurs qui n'est pas forcément mesurable et quantifiable facilement.

Concernant la santé de l'éleveur, c'est sa santé psychique qui est essentiellement mise en avant par les agriculteurs enquêtés et plus particulièrement la satisfaction quotidienne d'exercer leur métier. Ce constat est en accord avec la définition de la santé humaine de l'OMS (figure 23). La rentabilité économique des fermes constitue le deuxième facteur impactant la santé de l'éleveur.

Si la notion de santé des écosystèmes fait encore débat dans la littérature, celle de santé des prairies n'est que peu employée dans la littérature scientifique. La santé des prairies fait généralement référence à la santé de l'écosystème. Ce dernier est défini comme en « bonne santé s'il préserve le maximum de ses fonctions, de ses dynamiques et de ses capacités évolutives potentielles, ainsi que celles des systèmes qu'il inclut et qui l'incluent » (Giraudoux, 2022). Cette définition s'apprécie alors par la mesure de l'écart entre ce qu'il réalise en termes de biodiversité, de processus, et de services, et ce qu'il pourrait potentiellement réaliser, se rapprochant des mesures de la santé du sol. Au vu de cette nouvelle définition, les indicateurs actuels identifiés dans la littérature pour évaluer la santé des prairies semblent plutôt correspondre à une évaluation du fonctionnement ou de la qualité des prairies. Cependant l'existence de ces premiers indicateurs de mesure que nous proposons constitue un état des lieux nécessaire, avant de pouvoir développer des indicateurs supplémentaires. Ces derniers devront notamment permettre d'intégrer des dynamiques d'évolution et de mesurer les écarts entre potentiel et

performance actuelle (Giraudoux, 2022). En revanche, la santé des prairies est bien définie sur le terrain, notamment par 9 éleveurs de notre échantillon. Ce constat montre l'intérêt d'associer les indicateurs du terrain à ceux de la littérature. Les notions de fonctionnement, résilience, capacité à se renouveler sont en accord avec la définition de santé des écosystèmes et des prairies (Costanza, 1992) (figure 23). La notion de « bon fonctionnement » employée par les éleveurs peut notamment être mise en parallèle avec celle de service écosystémique de la littérature pour définir la santé des prairies (Lu et al., 2015). Par ailleurs, la notion de santé des prairies est très souvent caractérisée par les agriculteurs, par la diversité floristique présente sur les parcelles - une parcelle en santé étant une parcelle diversifiée-, en accord avec la littérature scientifique (Duru, 2018).

Alors que la notion de santé des sols est définie et consensuelle dans la littérature scientifique (Doran, 2002), cette notion est la moins parlante aux agriculteurs puisque seulement 7 en donnent une définition. La définition donnée par les agriculteurs, qui se réfèrent tous aux notions de « sol vivant », « fonctionnement du sol », est en accord avec celle de la littérature scientifique faisant référence à la « capacité du sol à fonctionner » (figure 23). La facilité d'explicitation par les agriculteurs la notion de santé des prairies, pour les agriculteurs, comparativement à la santé du sol peut venir du fait que la prairie est une entité plus visible, accessible pour les éleveurs et sur laquelle ils s'appuient au quotidien lors du pâturage et de la récolte des fourrages et agissant directement sur la production laitière.

Santé du Sol



Cadre théorique et terrain en accord quand la santé du sol est définie par les éleveurs

Capacité à fonctionner pour soutenir la productivité, promouvoir la qualité de l'environnement et maintenir la santé des plantes et des animaux

Pas définie

Sol qui vit (n=1)

Sol qui fonctionne bien, vit

Santé Humaine



Bien être physique, mental et social

Bien-être de l'éleveur

Faire ce que tu as envie de faire, être content

Bien-être, se faire plaisir

Cadre théorique et terrain en accord

Santé des Prairies



Sur le terrain notions de résilience en accord avec cadre, notion d'état en plus pour le terrain

Capacité à fonctionner dans la limite des ressources disponibles

Pas définie

C'est un état (couleur, diversité, pousse) (n=1)

Prairie qui se tient dans le temps, résiliente et autonome

Santé du Troupeau



Absence de maladie, inclus le bien être

Vache qui n'est pas malade, pas fragile

Etat des bêtes : pas de soucis. Bonne production et reproduction

Vache autonome, qui vieillit. Etat de l'animal. **Dimension psychologique**

Cadre théorique et terrain en accord, dimension psychologique de la santé animale sur le terrain

Cadre théorique ; **Type 1 : santé ferme = santé animale (n=1)** ; **Type 2 : Santé de la ferme = économie, de l'éleveur (n=2)** ; **Type 3 : cercle vertueux prairie, sol, animaux, éleveur (n=8)** ; **gras : apports du terrain**

Figure 23 : Confrontation des définitions, du terrain, de santés humaine, du troupeau, des prairies, du sol au cadre théorique

3.2. *Une diversité d'indicateurs pour évaluer la santé*





Tout d'abord, ce travail a permis, grâce à une étude de la littérature et des échanges avec des experts de proposer des indicateurs académiques pour évaluer la santé des prairies. En effet, cette notion étant presque absente de la littérature, une formalisation des indicateurs d'évaluation de la santé des prairies était nécessaire.

Les éleveurs utilisent des indicateurs qui sont pour la plupart mesurables par la science, voire déjà utilisés pour évaluer la santé des sols (structure, pH, vie du sol), des prairies (diversité, rendement et leur stabilité) et des troupeaux (boiteries, état d'engraissement, nombre de pathologies par exemple) (tableau 9) (Doran et al., 1997; Laishram et al., 2012; Commun et al., 2016).

Toutefois certains éleveurs utilisent des indicateurs supplémentaires essentiellement visuels et fondés sur l'observation (friabilité et élasticité du sol, couleur et densité du couvert, signes alimentaires tels que les poils et les bouses des animaux). Il s'agit donc d'éléments plus qualitatifs, avec notamment l'apparition de la notion « d'instinct ». De plus, certains signes sont observés sur un pôle particulier de santé (comportement animal par exemple) mais utilisés pour évaluer la santé d'un autre pôle (la prairie dans cet exemple). Si ces observations sont peu étudiés par la littérature scientifique, les signes alimentaires sont référencés dans la méthode de gestion de l'alimentation Obsalim® (Giboudeau, 2012).

Certains indicateurs utilisés par la recherche académique (comme le nombre de jour de vacances pour évaluer le bien-être de l'éleveur) sont même réfutés par certains agriculteurs, au regard de leur vision de la santé. En effet, selon eux, si l'éleveur prend du plaisir au quotidien dans son métier alors son besoin de vacances est limité. Un nombre important de jours de vacances devient alors un signe de mal-être. Certains éleveurs ont, en outre, fait part lors des entretiens de leur incompréhension des indicateurs scientifiques, notamment ceux référencés dans des analyses de sols ou de fourrage, du fait d'un manque de lisibilité. Par exemple les valeurs de CEC (capacité d'échange cationiques) ou le rapport carbone sur azote qui sont présents sur les analyses de sols sont difficilement interprétables pour de nombreux agriculteurs. Afin de générer des outils d'analyse des systèmes agricoles pouvant être mis en action sur le terrain, il est donc nécessaire d'intégrer les métriques des éleveurs et de les confronter à celle de la littérature scientifique.

Tableau 9 : Confrontation entre les trois cadres d'analyses identifiés sur le terrain et le cadre théorique. Les éléments en gras constituent des apports propres au terrain

	Cadre théorique	Type 1 (n=1)	Type 2 (n=2)	Type 3 (n=8)
Indicateurs santé éleveur 	santé psychologique, santé physique, rentabilité économique	temps de travail, économie, éthique	rentabilité économique, santé psychique et physique	vacances : critère de mal être (n=1) temps de travail, rentabilité économique
Indicateurs santé animale 	*reproduction (IVV, % 1ere IA...), *sanitaires (taux mortalité, nb traitement allopathiques...), *comportement (QBA...) *état physique (nec, boiterie, propreté...) *indicateurs de moyen : pratiques de gestion, bâtiment	*indicateurs physiques (bouses, état engraissement, poils...) * comportement du caillé * environnement microbien	*état général (bouse, engraissement) *santé vétérinaire *production, *reproduction *indicateurs de moyen : alimentation	*indicateurs physiques (signes alimentaires : poils, bouses, écoulements) * longévité , *reproduction, *comportement * comportement du caillé *indicateurs de moyen : alimentation, homéopathie, aromathérapie, communication animale
Indicateurs santé plante 	*sol : érosions, nutriments, matière organique, compaction, relargage produit phytosanitaires *couvert : densité, rendement, qualité des fourrages, diversité végétale, plantes invasives, souplesse, invasion d'espèce animale indicateurs de moyen : intensité de pâturage	pas d'indicateur	*couvert : diversité végétale, présence graminée-légumineuses, couleur et densité , rendement * présence d'abeilles , * campagnols terrestre indicateurs de moyen: herse, alternance fauche pâture, fertilisation organique, broyage des refus, fauches tardives	* couleur du sol , tassement *couvert : diversité, proportions graminées légumineuses, rendement, couleur , stabilité dans le temps, densité (type de comportement de colonisation des graminées) * vache (comportement, santé, production) indicateurs de moyen : herse, alternance fauche pâture , pâturage, fertilisation
Indicateurs santé sol 	*physique : rétention d'eau, structure, compaction, densité apparente... *chimiques : pH, CEC, N, C orga, P, K *biologiques : mo, respiration du sol, biomasse microbienne, activité enzymatique *indicateurs de moyen : rotation cultures, fertilisation, limiter perturbations	pas d'indicateur	<i>Pour 1 éleveur :</i> *pH, fer (analyse sol) *vie microbienne, *faune du sol, turricules *tassement, structure *profondeur du sol, couleur * profondeur enracinement *indicateurs de moyen : herse étrille	<i>Pour 6 éleveurs :</i> *couvert : diversité, plantes bio indicatrices *structure, tassement, ph, vie du sol * friabilité et élasticité du sol * couleur *indicateurs de moyen : fertilisation/pas d'apport, herse étrille / pas de travail

3.3. *La santé : un autre regard sur les fermes*

Les études, concernant les approches globales de la santé, mettent régulièrement en avant le manque d'intégration des connaissances des acteurs locaux et d'une mise en place de démarche participative, notamment au sein du concept de One Health (Bunch & Waltner-Toews, 2015). Cette limite est partagée par l'approche de santé unique. En effet, si la notion de santé permet de mettre en avant la vision holistique des agriculteurs et leur rapport à la nature, l'application de son cadre théorique sur les fermes peut se heurter à une incompréhension du terrain du fait de visions et métriques parfois différentes. La compréhension du système d'élevage ne sera alors que partielle et l'accompagnement vers une évolution du système difficile et qu'il faut donc pallier. Ainsi face au déficit d'inclusion des acteurs du terrain, nous avons mis en œuvre une démarche pragmatique. Cette dernière permet d'accéder à la réalité des éleveurs et à leur conception de la santé de la ferme. Nous avons ainsi pu mettre en avant des similitudes (définitions des éléments de santé proches, certains indicateurs d'évaluation en commun) mais aussi des différences (pas d'intégration systématique de l'ensemble des éléments de santé, utilisation d'autres indicateurs) entre la vision académique et celle des éleveurs.

L'analyse des élevages grâce à une approche globale de la santé d'une ferme a également permis de mettre en avant la vision holistique des agriculteurs, plus ou moins avancée (type 1 au type 3). Les liens entre santé humaine et animale (relation éleveur-animal, qualité des produits), santé animale et prairie (alimentation, fertilisation par les déjections), santé des prairies et du sol (type de sol, travail du sol) sont présents chez ces éleveurs tout comme au sein de la littérature scientifique (Farruggia et al., 2008; Birgé et al., 2016; Duru, 2018). Certains éleveurs font des liens supplémentaires entre santé animale et santé du sol via les microorganismes qui sont identiques entre le sol et le rumen au sein d'une ferme. L'approche systémique est indispensable face aux différents enjeux interconnectés auxquels les agriculteurs sont confrontés et se justifie sur le terrain par la vision holistique développée par les agriculteurs.

4. Conclusion

L'analyse de la littérature, s'appuyant sur la notion de santé unique, nous a conduit à formaliser une approche globale de la santé des fermes s'appuyant sur la santé des sols, des prairies, des troupeaux et des éleveurs. L'investigation du terrain nous a permis de compléter cette approche théorique en mettant en évidence 3 manières de définir la santé des fermes pour les éleveurs. Conformément à notre hypothèse, les éleveurs utilisent, en partie, des définitions et indicateurs différents de ceux rapportés dans la littérature scientifique. Ce résultat montre l'importance de considérer les métriques du terrain dans notre approche pour favoriser l'opérationnalité. La quantification des cadres d'analyse identifiés dans cette partie s'appuiera donc sur un double protocole, intégrant les indicateurs du monde académique et ceux d des éleveurs. Ce double protocole est présenté et mis en œuvre dans le chapitre suivant.

Chapitre 3 : Quelle santé globale des élevages laitiers agroécologiques?



Source personnelle

En s'appuyant sur la littérature, nous avons construit un cadre d'analyse d'une approche globale de la santé d'une ferme et nous l'avons confronté à la vision des éleveurs (chapitre 2). Pour quantifier la santé globale d'une ferme, ce qui constitue l'objectif de ce chapitre, il est donc nécessaire de s'appuyer sur les métriques académiques et des éleveurs. Pour cela, nous mettons en œuvre deux protocoles de mesure, l'un basé sur des définitions des indicateurs référencés par la littérature scientifique et le second reposant sur les définitions et indicateurs proposés par les agriculteurs enquêtés. Ces protocoles évaluent plus particulièrement la santé des sols, des troupeaux et des prairies. La santé des éleveurs ne fait pas l'objet d'un travail spécifique dans le cadre de cette thèse mais elle a fait l'objet d'autres travaux (David et al., 2021) au sein d'un projet plus large, dans laquelle s'inscrit ce travail. Les deux protocoles ont été mis en œuvre sur les 11 fermes laitières présentées dans le premier chapitre et ayant servi de support à la confrontation au cadre théorique. Les résultats de chaque protocole sont présentés séparément puis sont ensuite confrontés.

1. Présentation du dispositif pour mettre en place les deux protocoles de mesure

Un double protocole, l'un s'appuyant sur les indicateurs académiques et le second sur les indicateurs des éleveurs a été mis en place pendant deux années (2021 et 2022) sur les 11 fermes dont l'échantillonnage a été présenté dans le paragraphe 1.2 du chapitre 2 (figure 24). Dans la suite, ces 11 fermes sont identifiées par un identifiant (E1, E2, E3, [...], E11).

Les 11 troupeaux laitiers ont été diagnostiqués 4 fois : 2 fois par an sur les deux ans de suivi par des experts des deux protocoles afin d'évaluer la santé animale en stabulation (périodes 1 et 3) et au pâturage (périodes 2 et 4). Cette évaluation concerne les animaux en production ; elle n'inclue ni les génisses ni les vaches tarées. Il s'agit, dans les deux protocoles, d'observer et de noter les animaux. L'évaluation académique inclut également des prises de sang (4 fois également sur les mêmes périodes), des coproscopies et des prélèvements de lait de tank (6 mesures). Concernant les indicateurs des éleveurs, outre les observations et notations effectués deux fois par an durant deux années, des prélèvements de lait de tank ont également été réalisés afin d'observer les caillés.

La santé des sols et des prairies a été évaluée sur 21 prairies au total, soit 2 prairies par exploitation agricole suivie, à l'exception d'une ferme où une seule parcelle a pu être suivie. Ces prairies sont choisies afin d'avoir une parcelle représentative, sur la ferme, d'un mode de gestion essentiellement basé sur le pâturage (notée P dans le code d'identification), et une parcelle représentative des pratiques de fauche (notée F dans le code d'identification). Ces parcelles étant représentatives des pratiques mises en œuvre dans chaque ferme, il est possible d'avoir des parcelles « pâture » ou « fauche » avec une utilisation mixte (pâturage et fauche). Pour le protocole académique, l'ensemble des parcelles, dont les deux parcelles suivies, des fermes suivies ont fait l'objet d'un typage des prairies, c'est-à-dire d'une classification de chaque parcelle dans un type de la typologie des prairies du Massif central. Cela a permis de relier les types de végétation à des indicateurs de santé et de cohérence du système fourrager (chapitre 4). Des analyses biologiques et physico-chimiques des sols sont mises en place pour l'évaluation académique. Concernant le protocole des éleveurs, il s'agit d'indicateurs qualitatifs et visuels observés sur des mottes de terre et la végétation. Dans les deux protocoles, les mesures de santé des prairies et des sols ont été réalisées au printemps, période où la vie du sol est particulièrement active et donc mesurable et où les espèces prairiales peuvent être facilement identifiées. Les pratiques de gestion, qui seront plus particulièrement étudiées dans le chapitre 4, ont été répertoriées pendant les deux ans avec notamment un calendrier de pâturage à remplir sur chaque ferme.

Chacun des cadres d'analyse a été mis en place de manière indépendante, pendant les deux années de suivi, sur chaque ferme et par des experts des indicateurs académiques d'un côté et de ceux des agriculteurs de l'autre. Chaque protocole est ensuite analysé, toujours indépendamment, par les experts concernés. Une fois les évaluations réalisées les deux protocoles sont ensuite comparés.

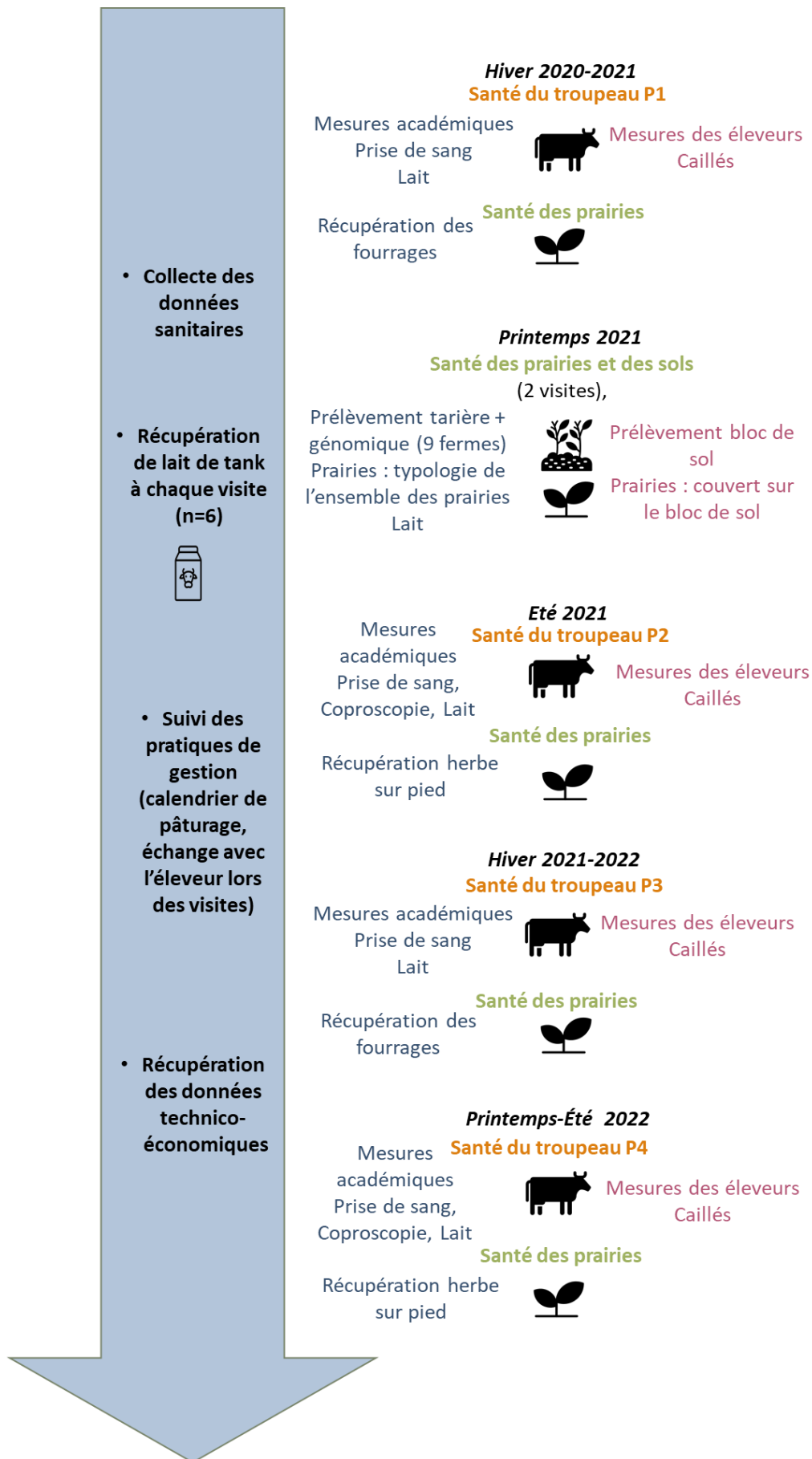


Figure 24 : présentation des différentes périodes de mesure de santé du troupeau, et des prairies pour les indicateurs académiques (en bleu) et les indicateurs des agriculteurs (en rose)

2. Méthodologie : protocole de mesure des indicateurs académiques

La quantification de la santé globale d'une ferme avec une approche par les métriques académiques, repose sur plusieurs étapes (Lairez et al., 2017) :

- **sélectionner les indicateurs** d'évaluation, selon des contraintes notamment financières et temporelles ;
- **mesurer sur chaque ferme ces indicateurs**, définis pour chaque pôle de santé (troupeau, prairie, sol) ;
- **conserver un nombre restreint d'indicateurs**, par expertise et analyse statistique, pour l'évaluation ;
- **comparer à des références** les valeurs mesurées par les indicateurs pour **interpréter** les résultats ;
- **proposer un état général de la santé** à l'aide d'une agrégation.

2.1. *Identification et sélection des indicateurs à mesurer*

Les indicateurs utilisés pour l'évaluation de la santé des fermes (chapitre 2, tableaux 5, 6 et 7), en considérant les trois pôles (troupeaux, prairies, sols), ont été identifiés à travers une analyse de la littérature et par expertise). Nous avons choisi les indicateurs à mesurer en sélectionnant les plus pertinents qui pouvaient être mesurés dans la limite du budget et du temps disponible. Concernant le pôle sol, les indicateurs biologiques et les métaux lourds n'ont pas été retenus. La santé des prairies est évaluée, dans la littérature, en partie grâce à des indicateurs mesurés au niveau du sol. Il s'agit d'indicateurs déjà intégrés dans la santé du sol, donc seuls ceux concernant le couvert végétal sont conservés. En outre, nous avons fait le choix de nous appuyer sur une typologie plutôt que de réaliser des mesures directes sur les prairies. Ce choix nous permet d'accéder rapidement et à moindre coût à un grand nombre d'indicateurs. Concernant le troupeau, l'ensemble des indicateurs présents dans le tableau 7 ont été mesurés.

2.2. *Mise en place des mesures académiques*

2.2.1. Mesures pour évaluer la santé du troupeau laitier

Afin de mesurer la santé des troupeaux en incluant tous les indicateurs retenus, nous avons couplé trois protocoles : Welfare Quality® (Welfare Quality, 2009) (annexe 3), la médecine de troupeau en élevage (Commun et al., 2016), et des données sanitaires générales de la ferme – (annexe 3). Cette évaluation concerne la totalité des animaux en production mais elle n'inclue ni les génisses ni les vaches tarées. Des mesures sont effectuées directement sur les animaux, d'autres portent sur des analyses (lait et fèces par exemple) et des éléments généraux sur la gestion du troupeau. Le protocole Welfare Quality® est construit pour être appliqué uniquement lorsque les animaux sont au bâtiment. Les indicateurs d'évaluation sont donc légèrement différents lorsque les animaux sont en bâtiment ou au pâturage (tableau 10).

Comportement

La première étape consiste à évaluer le comportement du troupeau (Qualitative Behaviour Assessment - QBA - et observation du comportement agonistique pendant deux heures). Le protocole débute par le

QBA afin de mesurer l'état émotionnel des animaux sans être influencé par l'état sanitaire du troupeau. Lorsque les animaux sont au pâturage, seul l'indicateur QBA est évalué, là encore en début de visite.

Logement

Le logement est évalué lorsque les animaux sont en bâtiment grâce à l'application du protocole Welfare Quality® qui implique des observations de la propreté des animaux, des temps de couchage mais aussi leur liberté de mouvement (s'ils sont à l'attache). Au pâturage, seule la propreté des animaux est conservée, à partir du protocole de la médecine du troupeau en élevage, plus précis que Welfare Quality®.

Etat nutritionnel

En hiver, l'alimentation est évaluée grâce à des indicateurs individuels sur les animaux (Note Etat Corporel –NEC- évaluée au toucher en utilisant la grille de notation développée par (Bazin, 1984), qui va de 0 pour une vache émaciée à 5 pour une vache grasse, par incrément de 0,25 unité) mais aussi du bâtiment (nombre, propreté et fonctionnement des points d'eau). Lorsque les animaux pâturent, seule la NEC est conservée. De plus, pour chacune des quatre périodes de mesure, des prises de sang ont été réalisées sur 20% des animaux avec un minimum de cinq animaux. Ces prises de sang fournissent des indicateurs supplémentaires de l'état nutritionnel. Les échantillons de sang individuels ont été prélevés à partir de la veine caudale dans des tubes sous vide contenant de l'EDTA (Terumo France, Guyancourt, France), puis immédiatement centrifugés à 1 200g pendant 20 minutes à 4 °C. Le plasma sanguin a ensuite été conservé à 20 °C jusqu'à son analyse sur un analyseur chimique (Arena 20 XT Chemistry System, Thermo Scientific, Waltham, MA) afin de déterminer la concentration en acides gras non estérifiés (kit NEFA-HR2, Fujifilm WAKO ; Arena 20 XT Chemistry System ; Thermo Scientific, Waltham, MA), en bêta-hydroxybutyrate (code produit 984325 ; Thermo Scientific),

Etat sanitaire

Les prises de sang fournissent également des indicateurs sanitaires, notamment les teneurs en glucose (code produit 981379 ; Thermo Scientific), urée (code produit 981818 ; Thermo Scientific), GLDH (Glutamate DésHydrogénase), acide lactique, cortisol, protéines, albumines (Konelab 30, Thermo Fisher Scientific). Outre les prises de sang, l'état sanitaire est évalué par des observations individuelles sur l'ensemble du troupeau (présence d'écoulement, de lésion, de boiteries...), des prélèvements laitiers (cellules, urée, germes...) et les données sanitaires pour les deux ans de suivi. Des coproscopies, sur les 2 périodes de pâturage, ont également été effectuées afin d'évaluer le niveau de parasitisme des troupeaux. Pour cela nous avons réalisé des prélèvements de fèces frais sur 20 % des animaux avec un minimum de cinq animaux. Ces prélèvements ont été conservés dans des pots stériles à 4°C jusqu'à analyse (Terana, France). Les analyses ont été effectuées par sédimentation et flottaison au sulfate de zinc. Les échantillons de lait, 6 par ferme répartis entre janvier 2021 et l'été 2022, ont été réalisés en prélevant 30 mL du lait de tank, dans des tubes stériles. Tous les échantillons ont été conservés avec du 2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol (Bronopol ; D&F Inc., Dublin, CA) à 4 °C jusqu'à leur analyse. Les teneurs en matières grasses et en protéines ainsi que l'urée ont été déterminées par spectroscopie moyen infrarouge (Agrolab's, Aurillac, France) conformément à la norme ISO 9622:2013. Le nombre de cellules somatiques a été déterminé par épifluorescence (Agrolab's) selon la norme ISO 13366-2:2006.

Reproduction

Par ailleurs, les données de reproduction (taux de renouvellement, intervalle entre deux vêlages) ainsi que le nombre d'interventions vétérinaires par an sont demandés chaque année, sur les deux années, à

l'ensemble des éleveurs. Ces données sont moyennées sur les deux années afin de favoriser la robustesse et la fiabilité des données.

Les mesures reposent donc sur des observations de comportement à l'échelle du troupeau ainsi que sur des mesures individuelles sur l'ensemble des animaux en lactation, des prélèvements (sang, fèces, lait) et la récupération de données sanitaires des animaux (tableau 10). La mise en œuvre de l'ensemble de ces mesures nécessite une journée par ferme.

Tableau 10 : Indicateurs mesurés sur les fermes pour évaluer la santé des troupeaux. Les indicateurs en gras sont conservés pour l'analyse

	Principe de santé	Indicateurs mesurés et conservés dans l'évaluation	Application bâtiment / pâturage	Méthode de mesure
Santé animale	Etat nutritionnel	Nombre, fonctionnement et propreté des point d'eau	Bâtiment et pâturage	Welfare quality®
		Note état corporel		Médecine de troupeau en élevage (Bazin pour la NEC)
		Remplissage de rumen		Médecine de troupeau en élevage : prises de sang + échantillon lait
		Métabolites sanguins : BHB, AGNE, urée (sang et lait), glucose (sang)		
	Logement (bâtiment)	Temps nécessaire couché Collision avec des éléments du bâtiment Propreté des animaux Animaux à l'attache/libre Accès à l'extérieur/pâturage	Bâtiment	Welfare quality®
	Comportement	Comportement agonistique (nombre de coups de tête, de poursuites) Accès au pâturage (nombre d'heures et de jours) Distance d'évitement Evaluation qualitative du comportement	Bâtiment Au pâturage : uniquement évaluation qualitative du comportement	Welfare quality®
	Etat sanitaire	Données sanitaires troupeaux : nombre de traitement allopathiques (préventif + vermifuge + curatifs + antibiotiques), nombre d'intervention vétérinaire par an	Bâtiment et pâturage	Carnet sanitaire + questions à l'éleveurs
		Mesure du troupeau : boiterie (motricité), écoulements nasal, altération du tégument, aplombs, écoulement oculaire		Indicateurs issus de médecine de troupeau en élevage
Taux cellulaires du lait, TB/TP, germes		Welfare quality® + Médecine de troupeau en élevage		
Parasitisme (paramphistome, buxtonella sulcata, eimeria, strongles gros intestin, toenia, dicrocoelium trichuris		Médecine de troupeau en élevage : échantillon de lait		
Métabolites sanguins : GLDH, acide lactique, cortisol, protéines, albumines		Médecine de troupeau en élevage : échantillon de fèces puis coproscopies		
Reproduction	Intervalle vêlage-vêlage % réussite 1ere insémination artificielle	Bâtiment et pâturage	Données suivi reproduction	

2.2.2. Mesures pour évaluer la santé des prairies

Mesures sur l'ensemble des parcelles de prairie

L'évaluation académique de la santé des prairies repose sur une classification des parcelles, selon la typologie multifonctionnelle des prairies du Massif central (Galliot et al., 2020). En effet, la compréhension des liens entre diversité de la végétation, conditions de milieu et pratiques de gestion permet d'évaluer le potentiel des prairies. Une typologie permet ainsi de décrire des types de prairies qui sont élaborés à partir d'une classification de la végétation, reposant elle-même sur des caractéristiques (taxonomiques, fonctionnelles, morphologiques...) de cette végétation (Michaud et al., 2013). Au printemps 2021, un tour de chaque prairie est réalisé afin de la caractériser selon son altitude (collinéennes ou montagne), son utilisation (fauche ou pâture) et d'identifier les principales espèces prairiales présentes. Grâce à la clé de détermination de la typologie le type de la parcelle est déduit. Ce type est décrit par une combinaison de conditions de milieu et de pratiques de gestion et par les services fourragers et environnementaux (sur la base de mesures réalisées sur d'autres parcelles et expertise) qu'il rend. Il s'agit donc d'une estimation des valeurs, d'un potentiel. Pour chaque type, l'ensemble des indicateurs de production, services environnementaux, qualité des produits sont obtenus et évalués de 1 à 4 ou de 1 à 8. Ils sont présentés dans le tableau 11. Lors de ce tour de parcelle, la présence d'invasion de plantes ou campagnols est également vérifiée (tableau 11).

Tableau 11 : Indicateurs mesurés sur les fermes pour évaluer la santé des prairies. Les indicateurs en gras sont conservés pour l'analyse de la santé

Type d'indicateurs	Indicateurs	Méthode de mesure
Au niveau de la végétation : services de production - fourrage	Rendement annuels (TMS/ha) Valeurs des fourrages : matière azotée totale (MAT) (g/kg) Valeurs des fourrages : UFL (unité fourragère laitière) Apports en antioxydants naturels	Typologie multifonctionnelle des prairies du Massif central (notes de 1 à 4)
Au niveau de la végétation : services environnementaux	Groupes végétaux fonctionnels Nombres espèces Rareté de la flore Souplesse d'exploitation Capacité d'accueil des pollinisateurs	Typologie multifonctionnelle des prairies du Massif central (nombre pour le nombre d'espèce et notes de 1 à 4)
Au niveau de la végétation : services de production – qualité des fromages	Richesse aromatique Texture des fromages Acides gras d'intérêts Micronutriments Couleur de la pâte Qualité de la viande	Typologie multifonctionnelle des prairies du Massif central (notes de 1 à 8)
Au niveau de la végétation : dégradation	Présence de plante invasive Présence d'envahisseur	Observation sur le terrain : oui/non

Mesures et suivi spécifique des 21 parcelles sélectionnées

Sur les 21 prairies suivies plus spécifiquement, les pratiques de gestion mises en place pendant les deux années du suivi sont répertoriées grâce à des calendriers de pâture, des calendriers d'interventions et des échanges réguliers avec les éleveurs. De plus, des mesures ont été réalisées sur ces parcelles à partir de prélèvements d'herbe (échantillon représentatif de la prairie) : valeur nutritive des fourrages récoltés

et de l'herbe sur pied, identification de la proportion de graminées, légumineuses, diverses et identification du stade moyen de la prairie (Rossignol et al., 2014) et des types de graminées présentes selon la typologie multifonctionnelle des graminées fourragères (Cruz et al., 2010), observation de la proportion de graminées/légumineuses/diverses permettant de mesurer un état de santé réel et non un potentiel. Cependant, ces mesures n'ont pas été retenues notamment car les valeurs nutritionnelles sont très dépendantes du stade de l'herbe qui est mal maîtrisé lors des visites sur les fermes.

2.2.3. Mesures pour évaluer la santé des sols

Sur chacune des 21 parcelles suivies, la santé du sol est évaluée en réalisant, au printemps 2021, 12 prélèvements des 15 premiers cm de sol, à la tarière. Ces 12 prélèvements ont été effectués aléatoirement sur l'ensemble de la parcelle –en évitant les bords de parcelles - afin de s'assurer de la représentativité des mesures. Les prélèvements d'une même parcelle sont ensuite mélangés afin d'obtenir un échantillon de 500 g, représentatif de la parcelle. Cet échantillon a été conservé à 4°C jusqu'à la réalisation de l'ensemble des analyses physico-chimique et biologiques effectuées en laboratoire (SADEF, Aspach-le-Bas, France) et présentés dans le tableau 12. De plus, des mesures de profondeur de sol – grâce à la tarière - et de couleur ont également été réalisées afin d'aider à l'identification du type de sol (argilo-sableux, granitiques, volcaniques), mais ne servent pas directement à l'évaluation de la santé.

Tableau 12 : Ensemble des indicateurs mesurés sur les fermes, pour évaluer la santé des sols. Les indicateurs en gras sont conservés pour l'analyse de la santé

Types d'indicateurs	Indicateurs	Méthode de mesure
Physique	Eau utile (différence entre capacité au champ et point de flétrissement)	NF ISO 11 274
Chimique	pH eau	NF ISO 10390
	Azote total (g/kg)	NF ISO 13 878 - Dumas
	C/N	NF ISO 13 878 - Dumas
	Capacité Echange Cationique (Mé/kg)	NF EN ISO 23470 - Cobaltihexamine
	P205 (g/kg)	NF ISO 11263, Olsen
	K20 (g/kg)	NF EN ISO 23470
Biologique	Mg0 (g/kg)	NF EN ISO 23470
	Carbone organique (g/kg)	NF ISO 10694
	Biomasse microbienne (carbone microbien) (mg/kg) Statut microbien (carbone microbien / carbone organique total)	NF EN ISO 14240-2 Par fumigation extraction

Les pratiques de gestion et les interventions (fertilisation, chaulage, ébouage, hersage...) mises en œuvre sur les 21 parcelles suivies ont été référencées, notamment à la suite d'échanges avec les agriculteurs.

2.3. Indicateurs finaux retenus pour évaluer de la santé

Comme le nombre d'indicateurs par pôle de santé était trop important (42 pour les troupeaux, 17 pour les prairies), par rapport aux nombres d'individus considérés dans l'évaluation, nous avons réalisé une sélection par expertise et analyse statistique. Les indicateurs conservés sont, dans un premier temps, les indicateurs les plus référencés au sein de la littérature et ceux apparaissant les plus robustes après échanges auprès d'experts. Pour la santé des prairies et des troupeaux, les indicateurs restant trop

nombreux, nous avons effectué une analyse de correspondances multiples (ACM) sous R (R Core Team, 2014) pour sélectionner un nombre plus restreint. Nous avons retenu les indicateurs apportant le plus d'informations et non corrélés entre eux (annexe 4). Les indicateurs conservés à la suite de cette sélection apparaissent en gras dans les tableaux 10 (santé des troupeaux, n=14 quand les animaux sont en bâtiment et 15 au pâturage), 11 (santé des prairies, n=10) et 12 (santé des sols, n=10).

2.4. *Mise en place de seuils pour identifier une santé (par pôle)*

La quantification de la santé pour chacun des pôles concernés s'appuie sur les indicateurs retenus. Pour chaque indicateur, par expertise et à partir des données de référence, nous avons créé quatre classes : **très dégradée, dégradée, bon, excellent**. Ce choix de constitution de classes se rapproche d'analyses déjà existantes (Gauthier & Champagne, 2017) ou mises en place pour la santé animale (Welfare Quality®).

2.4.1. Santé du troupeau

Pour les mesures réalisées en hiver, les catégories concernant l'alimentation, le logement et le comportement sont fixées selon le protocole Welfare Quality® :

- excellente santé : >80 ;
- bonne santé : entre 55 et 80 ;
- santé dégradée : entre 20 et 55 ;
- santé très dégradée : <20.

Au pâturage, le comportement est mesuré uniquement à l'aide de l'évaluation qualitative du comportement (QBA), qui est issue du protocole Welfare Quality®, les mêmes seuils que précédemment sont donc appliqués. Les seuils restants ont été fixés à partir des seuils d'alerte et d'alarme de Welfare Quality® (taux de mortalité, écoulement nasal) et de l'ITAB (Laurent et al., 2019) (lésion, taux de renouvellement), ainsi que des objectifs fixés par Commun et al., 2016 (NEC, propreté des animaux, parasitisme, intervalle entre deux vêlages) (tableau 13). Des observations en fermes relevées par l'IDELE (Moussel, 2011) (nombre total de traitements allopathiques) ont également été utilisées pour déterminer les seuils. L'étude de Duffield et al., (2017) a permis de fixer les indicateurs pour les BHB.

Tableau 13 : Seuils des indicateurs académiques de la santé des troupeaux

	Alim welf	NEC (0-5)	BHB (mmol/L)	Logement welfare	Propreté (% animaux propres)	Comportement Welf/ QBA	Total traitement allopathique /VL/an	Boiterie (% animaux sans boiterie)	Écoulement nasal (% animaux sans écoulement)	Lésion (% animaux sans lésion)	Taux mortalité	Taux Renouv	Paramphis-tome (nombre d'œufs par gramme de fèces)	Cellules (moyenne troupeau)	IVV (j)
Santé très dégradée	<20	<2 : 2 VL ou +	>1,4	<20	<40%	<20	>1,5	<70	<85	<70	>4	>40%	>300	>350000	>440
Santé dégradée	20-55	<2 : 1 VL	1,2-1,4	20-55	40-50%	20-55	1-1,5	70-80	80-90	70-80	3-4	35-40% 10-13%	100-300	300000-350000	420-439
Bonne santé	55-80	<2 : 0 VL >4 : 10-15%	1-1,2	55-80	50-60%	55-80	0,5-1	80-90	90-95	80-90	2-3	30-35% 13-16%	50-100	250000-300000	390-419
Excellente santé	>80	<2 : 0 VL >4 : < 10%	<1	>80	>60%	>80	<0.5	>90	>95	>90	<2	16-30%	<50	<250000	<390
Seuils d'alerte de la littérature		1 VL <2 15%>4	Doit être <1,2		40% sales		0,5 AB 1,7 conventionnel	20% boiterie	5% alerte 10% alarme	15% avec lésion	2% alerte 4% alarme	Doit être 15 et 30	<50 : faible 50-100 : moyenne 100-300 : élevée >30 : très élevée	Alerte : 300000	>390
Référence littérature	Welfare Quality®	Commun et al., 2016	Duffield et al., 1997	Welfare Quality®	Commun et al., 2016	Welfare Quality®	Moussel, 2011	Commun et al., 2016	Welfare Quality®	Laurent et al., 2019	Welfare Quality®	Laurent et al., 2019	Commun et al., 2016	Paiement du lait	Commun et al., 2016

2.4.2. Santé des prairies

L'ensemble des indicateurs issus de la typologie multifonctionnelle des prairies du Massif central (Galliot et al., 2020) sont évalués à l'aide de quatre classes (1 à 4), à l'exception de la diversité (nombre d'espèces végétales présentes, également issu de la typologie) et des indicateurs de dégradations qui sont évalués sous forme binaire : oui (présence) ou non (absence). Pour chaque indicateur, nous avons fait les choix suivants :

- santé très dégradée = note de 1 ou nombre d'espèces est inférieur au 1^{er} quartile des 21 parcelles mesurées ;
- santé dégradée = note de 2 ou un nombre d'espèces compris entre le 1^{er} quartile et la médiane ou la présence de plantes ou espèces animales invasives ;
- bonne santé = note de 3 ou un nombre d'espèces compris entre la médiane et le 3^{ème} quartile ;
- excellente santé = note de 4 ou un nombre d'espèces supérieur au 3^{ème} quartile, ou l'absence de plantes ou espèces animales invasives.

2.4.3. Santé du sol

La santé du sol représente la performance réelle du sol par rapport à un potentiel qui dépend du type de sol. La première étape a consisté à déterminer, pour chaque sol, son type (argilo-sableux, granitiques, volcaniques). Pour cela une cartographie des sols et l'expertise de pédologues ont été utilisées. Les résultats des mesures sont alors comparés à une référence servant de potentiel. Ces références, différentes pour chaque type de sol, sont issues de l'Atlas des sols du Puy-de-Dôme (Potier et al., 2019) et d'une base de données de cartographie des sols d'Auvergne. Concernant le rapport carbone/azote et eau utile, nous nous sommes servis de références utilisées pour évaluer la qualité des sols (Baize, 2000). Comme nous ne disposons pas des références nécessaires, selon le type de sol (Piutti, 2021) pour le statut organique (rapport entre le carbone microbien et le carbone organique total), nous avons utilisé la valeur mesurée la plus élevée, par type de sol, du statut organique comme valeur de référence. Les seuils de chaque indicateur définissant les quatre catégories de santé sont présentés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Les quatre classes de santé selon les indicateurs de sol étudiés

	C/N	pH eau Carbone organique CEC P2O5, K20, MgO	Statut organique
Santé très dégradée	>20	<40 % valeur référence	<40% valeur + élevée du type sol
Santé dégradée	15 à 20	40-60% valeur référence	40-60% valeur + élevée du type sol
Bonne santé	12 à 15 8 à 10	60-80% valeur référence	60-80% valeur + élevée du type sol
Excellente santé	10 à 12	>80 % valeur référence	>80% valeur + élevée du type sol

2.4.4. Détermination de l'état général de santé par pôle, selon le protocole académique

La santé globale de chacun des pôles (santé globale du troupeau, santé globale des prairies...) a été mesurée à partir de la répartition en classe (excellente = 1 ; bon = 2 ; dégradé = 3 ; très dégradé = 4) de chaque indicateur. Pour cela, une première étape consiste, lors de l'agrégation des indicateurs à déterminer des paramètres de pondération (Lairez et al., 2017). Nous avons accordé le même poids à l'ensemble des indicateurs. La mesure d'une santé d'un pôle s'appuie donc sur la moyenne obtenue en termes de classe pour l'ensemble des indicateurs considérés. La santé d'un pôle est considérée comme excellente quand la note est inférieure à 1,5, bonne quand la note est comprise entre 1,5 et 2, moyenne quand la note est comprise entre 2 et 2,5, dégradée quand la note est comprise entre 2,5 et 3 et très dégradée quand la note est supérieure à 3. Lorsque cette note est comprise dans un intervalle de 0,1 par rapport à un seuil de changement de catégorie, un qualificatif intermédiaire est attribué (exemple « santé bonne à moyenne »).

La seconde étape correspond à la mise en place d'une compensation, lorsque certains indicateurs sont très dégradés (Botreau et al., 2014 ; Lairez et al., 2017). Si un ou deux indicateurs sont classés dans la catégorie « très dégradée » la santé globale sera alors dans le meilleur des cas « bonne ». Si trois indicateurs sont classés « très dégradés » la moyenne globale sera ajustée pour ne pas dépasser la catégorie « moyenne santé ». Si quatre ou cinq indicateurs sont classés « très dégradés », la santé sera au mieux « dégradée ». Si plus de cinq indicateurs sont classés « très dégradé » la santé globale sera alors forcément « très dégradée ». Par exemple, une prairie qui a la note globale de 1,7 et possède trois indicateurs qui sont très dégradés aura un état de santé jugé « bon » suite à l'étape de pondération. Mais du fait de la compensation (trois indicateurs très dégradés) son état de santé final sera « moyen ».

La santé globale d'un pôle (sol, prairie, troupeau) est alors finalement d'excellente, bonne, moyenne, dégradée, très dégradée.

3. Méthodologie : protocole de mesure des indicateurs des agriculteurs

Sur le terrain les indicateurs observés par les agriculteurs sont variés. Afin de conserver uniquement les principaux, seuls ceux utilisés par au moins 4 agriculteurs parmi les 11 enquêtés ont été utilisés lors des mesures. Par ailleurs, il peut s'agir d'indicateurs indépendants les uns des autres mais également de protocoles de mesure associant des indicateurs dans un ordre d'observation spécifique.

3.1. Mesures de la santé des troupeaux selon les indicateurs des agriculteurs

Pour évaluer la santé de leur troupeau, les agriculteurs s'intéressent principalement à trois éléments : l'alimentation et les signes alimentaires, la reproduction, le comportement du caillé du lait. Ces différents éléments témoignent pour eux d'une bonne valorisation de la ration et de la bonne santé de l'animal (tableau 15).

L'alimentation et les signes alimentaires associés (bouses, poils, engraissement, propreté, comportement) constituent l'élément clé de l'évaluation de la santé pour les agriculteurs. Il s'agit d'un

élément préventif essentiel puisque si le rumen est stable et efficace alors la santé des animaux est favorisée tout comme la production laitière. Au sein de l'échantillon, 7 éleveurs observent l'état des bouses (diarrhée, liquide, collante, bien formée), le comportement (ce que font les animaux et s'ils sont calmes), l'état d'engraissement, les robes (brillance du poils, propreté, si la robe est structurée, léchage) et les éventuelles boiteries des animaux. A partir de ces éléments, certains éleveurs ont même établi un diagnostic de l'alimentation (Michaud et al., 2019). Ce diagnostic se compose de trois étapes :

- (1) Une observation du comportement du troupeau (les animaux font-ils la même chose en même temps ?) mais aussi de leur état corporel, de la propreté et de l'état des bouses. Au cours de cette étape aucune note n'est donnée : il s'agit de vérifier que les $\frac{3}{4}$ des animaux sont homogènes sur ces différents indicateurs.
- (2) Lorsque les animaux sont homogènes, l'outil Obsalim® est appliqué afin de repérer des signes individuels sur les animaux. Ces signes doivent être présents sur les $\frac{3}{4}$ des animaux du lot pour être pris en considération. Les points d'observation se situent au niveau de plusieurs zones : la robe, les yeux, le nez, les pieds, les bouses, les urines, et certains critères comportementaux. Si les animaux ne sont pas homogènes, le diagnostic s'arrête en intégrant déjà les éléments observés. Cela signifie que la ration doit être ajustée pour que l'ensemble des animaux aient accès à la même ration.
- (3) Les signes Obsalim® recensés dans l'étape 2 servent de base à l'analyse. Chaque signe est associé à une note concernant les indicateurs sur les apports en énergie, en azote, en fibres, la stabilité du rumen. Pour chaque indicateur, les notes associées à chaque signe sont ajoutées et permettent d'identifier les éléments de la ration à travailler pour favoriser la production et la santé animale.

Ces observations permettent dans une première étape de réaliser un diagnostic de l'efficacité du rumen et de la valorisation de la ration (et d'un ajustement si besoin). C'est également à partir de ce diagnostic que les éleveurs vérifient si les animaux ont un état d'engraissement satisfaisant, ne possèdent pas d'inflammations/ maladies métaboliques ou de risques d'en avoir.

L'observation du comportement du caillé du lait est un autre indicateur utilisé par les agriculteurs. En effet, selon les agriculteurs, le comportement du caillé reflète la valorisation de la ration et la santé animale. Ainsi un animal en bonne santé, avec une bonne valorisation de la ration aura un caillé solide, sans lactosérum alors qu'un animal ne valorisant pas bien la ration et ayant des problèmes inflammatoires, métaboliques aura un caillé qui s'effrite, avec du lactosérum. Cet indicateur revient à noter l'aspect du caillé, après deux semaines de conservation à température ambiante, selon la classification suivante : solide sans lactosérum, solide avec lactosérum, effrité (annexe 5). Afin d'évaluer cet indicateur, trois échantillons de lait ont été prélevés dans le tank, à chacune des quatre visites de mesures de la santé du troupeau. Ces échantillons sont conservés à température ambiante et observés selon le protocole décrit précédemment. Les indicateurs de reproduction à l'échelle du troupeau sont également utilisés, tout comme au sein de la littérature, par certains agriculteurs pour évaluer la santé de leur troupeau.

Les résultats de santé du troupeau sont présentés séparément par période (P1, P2, P3 et P4). Comme il s'agit d'un diagnostic lié directement à l'alimentation du troupeau au moment de la visite, il n'est pas possible de les regrouper.

Tableau 15: Indicateurs des agriculteurs pour évaluer la santé des troupeaux

Nom de l'indicateur	Méthode de mesure / informations apportées
Signes alimentaires (n=7)	<p><i>Etape 1 : Observation du troupeau dans son environnement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bouses • Comportement • Propreté • Etat d'engraissement <p>→ Le troupeau est-il homogène ?</p> <p><i>Etape 2 : Observation corporelle de chaque animal</i></p> <p>Signes alimentaires Obsalim® (61 cartes) avec comme points d'observations : robe, yeux, nez, pieds, bouses, urine, comportement, lait. Identification des signes qui ressortent en commun sur le troupeau</p> <p><i>Etape 3 : Efficacité du rumen et santé des animaux : analyse des signes</i></p> <p>Diagnostic de la ration (à l'équilibre ou pas) et bilan de l'état sanitaire (valorisation de la ration, engraissement, inflammations)</p>
Reproduction (n=4)	Intervalle entre deux vêlages (en jours)
Lait et caillé à température ambiante (n=4)	Le lait est laissé à température ambiante pendant deux semaines. Le caillé ainsi obtenu est alors évalué selon les adjectifs suivant : solide sans lactosérum, solide avec lactosérum, s'effrite

3.2. Mesures de la santé des prairies et des sols selon les indicateurs des agriculteurs

Pour les éleveurs, la santé du sol est généralement intégrée dans l'évaluation de la santé des prairies (voir chapitre 2). Les principaux indicateurs de résultats utilisés par les agriculteurs pour évaluer la santé des prairies (couvert végétal) et des sols sont présentés dans le tableau 16. Ces indicateurs concernent aussi bien le sol, que le couvert ou les animaux.

Plus particulièrement, des agriculteurs, membres d'une association d'éleveurs, ont constitué leur propre diagnostic de la santé des prairies. Ils ont défini des indicateurs mesurés au niveau du sol dans un premier temps, puis le couvert végétal est observé. Ce diagnostic, composé de 5 étapes, nécessite de prélever un bloc de sol, de la profondeur d'une bêche, dans la parcelle souhaitée et représentatif de cette parcelle. Ce bloc de sol doit-être prélevé à une période où les espèces prairiales sont développées afin d'évaluer également le couvert. Les cinq étapes sont les suivantes :

- (1) observation de la couleur du sol (évaluation quantité matière organique) ;
- (2) test de flottaison d'une motte de sol au sein du bloc (évaluation de la quantité et de l'évolution de la matière organique) ;
- (3) test de friabilité et d'élasticité des agrégats (capacité de rétention des nutriments et de l'eau)
- (4) évaluation de type de comportement d'occupation de l'espace des graminées (production potentielle) ;
- (5) observations des autres espèces prairiales dont les légumineuses (production potentielle).

A ce diagnostic, s'ajoutent 4 indicateurs observés au niveau du couvert végétal : la diversité globale (nombre d'espèce, cité par 10 éleveurs), le rendement (cité par 4 éleveurs), la couleur du couvert (cité

par 4 éleveurs) et la capacité de réensemencement naturel des prairies (cité par 6 éleveurs). La diversité (estimation du nombre d'espèce), le rendement et la couleur du couvert sont évalués grâce à une note de 1 à 10, attribuée par l'agriculteur. Si la capacité de réensemencement naturel des prairies est essentielle pour caractériser une prairie en bonne santé, il s'agit d'une observation de la dynamique de la prairie difficile à évaluer sur un suivi de deux ans et dont les agriculteurs ont eux-mêmes des difficultés à la noter. Cet indicateur n'a donc pas pu être retenu dans les mesures réalisées.

Certains agriculteurs (5 agriculteurs) utilisent également la vache (son comportement, sa production et son état de santé) comme indicateur de la santé des prairies, cependant là encore en raison de la difficulté de mesure de cet indicateur il n'a pu être conservé.

Ces mesures sont réalisées sur les 21 parcelles suivies selon le protocole académique. Le bloc de sol, représentatif de la parcelle est prélevé à la bêche, le même jour que les prélèvements académiques à la tarière. Un tour de chaque parcelle est réalisé pour vérifier si l'observation du couvert végétal du bloc de sol est correcte et bien représentative de la parcelle et permet de demander à l'agriculteur d'évaluer la couleur, la diversité et le rendement de sa parcelle.

3.3. Détermination de l'état global de la santé des pôles selon le protocole des agriculteurs

Comme pour l'évaluation de la santé qui s'appuie sur des indicateurs académiques, les agriculteurs déterminent également un état général de santé pour les prairies et les troupeaux en utilisant les adjectifs suivants : « excellente », « bonne », « moyenne », « dégradée », « médiocre », sur la base des indicateurs qu'ils observent. Les intermédiaires, « bonne à excellente » par exemple, peuvent également être utilisés. L'agrégation des indicateurs concernant la prairie (sol + couvert) a permis de définir un état global de santé par pôle. Ainsi pour le sol, l'ensemble des indicateurs a été intégré en les moyennant mais en accordant plus d'importance aux indicateurs reflétant « la vie du sol » (évolution de la matière organique et fertilité) et la capacité de la prairie « à être réactive ». Concernant la santé du troupeau, la note globale d'état s'appuie essentiellement sur le diagnostic d'alimentation, plus particulièrement sur la stabilité du rumen et sur les signes des animaux. Des éléments tels que le potentiel de production de lait, la capacité de fermentation du lait et la cohérence par rapport aux objectifs de l'éleveur viennent affiner cette agrégation. L'ensemble des protocoles et les éléments permettant d'aboutir à une note globale de santé sont présentés en annexe 6.

L'état global de la santé d'un pôle correspond à un état observé à un moment donné, c'est-à-dire au moment du prélèvement. Les agriculteurs ne moyennent donc pas les états de santé observés sur un même troupeau. Les résultats sont donc présentés, dans un premier temps, pour l'ensemble des observations. Cependant afin de faciliter la confrontation avec les résultats de l'évaluation académique, nous moyennons les deux périodes d'observation au pâturage d'un côté et les deux observations au bâtiment de l'autre.

Tableau 16 : indicateurs des agriculteurs pour mesurer la santé des prairies. Les indicateurs non identifiés dans la littérature scientifique sont en italique

Zone d'observation	Nom de l'indicateur	Méthode de mesure / informations apportées
Diagnostic bloc de sol, étape 1	Observation visuelle motte de sol : couleur de clair à sombre/noir	Quantité matière organique (MO), origine du sol (minéraux) et hypothèses conditions pédoclimatiques
Diagnostic bloc de sol, étape 2	Flottaison	Faire sécher motte de sol, à température ambiante. Plonger un prélèvement de terre de surface dans de l'eau -Coule et se désagrège : MO très insuffisante -Coule instantanément mais se tient : sol consommateur MO -Flotte moins de 10 secondes : MO évoluée correctement -Flotte 10 à 30 secondes : accumulation MO -Flotte plus de 30 secondes : accumulation importante de MO
Diagnostic bloc de sol, étape 3	Friabilité (résistance à la pression) Types agrégats Elasticité (capacité de la terre à reprendre sa capacité d'origine)	Exercer une pression sur le bas de la motte sèche avec les doigts. Evaluer la résistance à cette pression. -Friabilité bonne (facile à défaire) = bonne évolution MO -Friabilité moyenne (besoin d'exerce pression) -Friabilité difficile = MO faible Puis observer la taille et forme des agrégats suite à la pression du test de friabilité -Agrégats à bords ronds : bonne capacité de rétention eau et nutriments -Agrégats à bord en biseaux, durs à casser= MO très sollicitée, trop peu de MO, parcelle très travaillée Presser les agrégats et vérifier s'ils se réagglomèrent Bonne élasticité (se recolle) = résistance tassement et compaction, bonne vie du sol. Bonne digestion MO. Elasticité moyenne (se recolle en partie) : mauvaise digestion MO, présence MO non dégradée Elasticité énorme (comme une éponge) : MO en excès et s'accumule
Diagnostic bloc de sol, étape 4	Densité : type de comportement d'occupation de l'espace des graminées	Observation des dimensions des feuilles de graminées Observation des typologies de développement des graminées (touffes, plaques, coussins) Touffe : bonne résilience de production et de santé Plaques : trop de pression, instabilité de production. Exploitation précoce Coussins : MO bloquée, tendance à l'endormissement, pas assez de stimulation
Diagnostic bloc de sol, étape 5	Présence des autres familles végétales dont légumineuses	Observation des acrotonés, légumineuses (et typologie de développement) Plante pivot : sol tassé avec fertilisation fraîche Typologie de fertilisation, vigueur de réaction de la prairie
Couvert de la parcelle : note de l'agriculteur	Diversité végétale (n=10)	Nombre d'espèce : Estimation par les agriculteurs, noté de 1 à 10
	Couleur des tiges/feuilles (n=4)	Observation et relevé sur le terrain : De jaune = dégradation de la santé noté 1 à vert = bonne santé, noté 10 Evaluation par les agriculteurs
	Rendement (n=4)	Bonne santé = rendement élevé. Estimation par les agriculteurs, noté de 1 à 10. Note qui intègre le potentiel de la parcelle et le niveau de satisfaction de l'éleveur par rapport à ce qu'il en attend

4. Résultats des mesures des deux protocoles sur les fermes

4.1. Résultats de santé pour les métriques/indicateurs académiques

Santé du troupeau

Nous présentons les résultats de santé du troupeau séparément selon les indicateurs académiques réalisés en bâtiment et ceux au pâturage (tableaux 17 et 18). Les résultats de la santé des troupeaux au bâtiment (tableau 17) sont satisfaisants avec :

- 2 troupeaux qualifiés en excellente santé (E7 et E9) ;
- 6 troupeaux en bonne santé (E1, E3, E6, E8, E10, E11) ;
- 2 troupeaux en santé bonne à moyenne (E4 et E5) ;
- 1 élevage, E2, qui possède un état de santé qualifié de dégradé.

L'indicateur traduisant la plus mauvaise santé est la proportion du troupeau possédant un écoulement nasal qui est dégradé ou très dégradé pour l'ensemble des élevages à l'exception de E1. Les indicateurs de lésion, taux de mortalité et intervalles entre deux vêlages sont très dégradés pour deux fermes. Les fermes E3, E4 et E10 sont à l'entravé, avec des animaux attachés l'hiver, ce qui pénalise fortement la note de santé du logement de ces élevages (santé dégradée) d'après l'indicateur Welfare Quality®. A l'inverse, certains indicateurs comme le taux de BHB, le nombre de boïteries ou le taux de renouvellement sont bons à excellents pour l'ensemble des troupeaux.

Au pâturage (tableau 18) :

- 1 élevage possède un état de santé excellent à bon (E11) ;
- 9 une bonne santé (E1, E3, E4, E5 E6, E7, E8, E9 E10) ;
- 1 élevage a un état de santé du troupeau dégradé (E2).

L'indicateur de présence d'écoulement nasal est à nouveau le plus pénalisant pour les fermes que nous avons suivies avec toujours un état dégradé ou très dégradé pour l'ensemble des élevages à l'exception de E1. Le pourcentage de vaches propres est le 2^{ème} indicateur qui pénalise la santé des animaux au pâturage avec trois élevages avec un indicateur très dégradé et un indicateur dégradé pour les trois autres. L'indicateur de parasitisme, mesure de la quantité d'œufs de paramphistome, a été ajouté au pâturage – période de sensibilité des animaux au parasitisme - et est très dégradé ou dégradé pour 4 élevages (plus de 150 œufs par gramme de fèces). Il est intéressant de noter qu'au pâturage l'ensemble des élevages ont l'indicateur de présence de lésions qualifié d'excellent alors que deux fermes étaient très dégradées pour cet indicateur en bâtiment. Cela peut s'expliquer par le fait que le comportement agonistique (coups de corne, combats, poursuite entre animaux) est renforcé en bâtiment lorsque les animaux sont dans un espace restreint.

Pour une même ferme, les résultats de santé sont similaires entre les deux périodes à l'exception de l'élevage E7 (tableaux 17 et 18).

Santé des prairies

Les résultats des mesures académiques de la santé des prairies montrent un état de santé satisfaisant pour un grand nombre de parcelles de notre échantillon (tableau 19). Ainsi parmi les 22 parcelles suivies :

- 7 sont qualifiées en bonne santé ;
- 1 de santé bonne à moyenne ;
- 10 de santé moyenne ;
- 1 moyenne à dégradée ;
- 3 dégradées.

Les prairies pâturées ont un état de santé légèrement supérieur aux prairies fauchées. En effet, 8 parcelles de pâture sont en bonne santé, 2 en moyenne santé, 1 parcelle moyenne à dégradée et la dernière est dégradée alors que parmi les prairies de fauche une seule est en bonne santé et 8 sont en moyenne santé, les 2 dernières ont un état de santé dégradé. Ce résultat est à nuancer du fait qu'une majorité des parcelles de fauches ont en réalité une utilisation mixte. Ces parcelles sont cependant classées en prairies de fauche car l'objectif de l'éleveur, sur cette parcelle, reste de constituer des stocks de fourrage pour l'hiver. La valeur des fourrages en UFL, la qualité des produits (richesse aromatique des fromages et texture), la capacité d'accueil des pollinisateurs figurent parmi les indicateurs les plus pénalisants (respectivement 7, 9, 5 et 12 parcelles très dégradées) et plus particulièrement pour les prairies de fauche. A l'inverse, les facteurs de rendement, souplesse et dégradation sont globalement les mieux évaluées sur les fermes suivies. La parcelle E8 pâture est la seule qui ne possède pas d'indicateur de santé très dégradée alors que parmi les parcelles ayant une santé très dégradée, deux appartiennent à la ferme E9.

Santé du sol

Les résultats des mesures académiques de la santé des fermes montrent des résultats de santé du sol très satisfaisant pour un grand nombre de parcelles de notre échantillon (tableau 20). Ainsi parmi les 22 parcelles suivies :

- 6 sont qualifiées d'excellentes ;
- 2 d'excellentes à bonnes
- 8 de bonnes ;
- 1 de bonne à moyenne ;
- 5 de santé moyenne.

Les prairies pâturées possèdent un meilleur état de santé que les parcelles de fauche : 4 parcelles de pâtures sont en excellente santé, 1 de bonne à excellente santé, 5 en bonne santé, contre respectivement 2, 1 et 3 pour les prairies de fauche. Les prairies de fauche possédant une santé moyenne sont au nombre de 4 alors que cet état ne concerne qu'une seule parcelle de pâture. Cet état de santé plus faible des prairies de fauche s'explique en partie par des indicateurs de statut organique, et de fertilité (P205 et K20 plus particulièrement) plus faible. La CEC, la matière organique et son évolution (carbone organique et rapport carbone/azote) ainsi que le pH sont, à l'inverse, en faveur d'une bonne santé pour presque la totalité des sols.

Par ailleurs, les parcelles volcaniques et granitiques échantillonnées sont particulièrement en santé, le facteur limitant le plus fréquent est le statut organique. Concernant les parcelles argilo-sableuses des états de plus faible de santé, notamment concernant la fertilité (P205, K20, Mg0) sont observés. Cela est dû à des niveaux de références particulièrement élevés.

Tableau 17 : Valeurs des indicateurs académiques de la santé des troupeaux, au bâtiment


N° élevage	Etat nutrition		Logement	Comportement	Sanitaire								Reproduct	Commentaire santé troupeau
	Alim welf	BHB mmol/L	Logement	Comportement	Total traitement allopathique /VL/an.	Nb intervention veto/VL/an	Boiterie (% animaux sans boiterie)	Ecoulement nasal (% animaux sans écoulement)	Lésion (% animaux sans lésion)	Taux mortalité	Taux Renouvellement	Cellules (moyenne troupeau, /ml)	IVV (j)	
E1	87,5	0,406	65,0	59,2	0,10	0,10	95	90,3	67	2,00	20	220000	400	Bonne santé
E2	43,2	0,295	69,4	62,9	0,00	0,23	97,4	72,2	100	15,00	15	496 600	440	Santé dégradée
E3	64,8	0,478	44,1	68,9	0,02	0,09	100	68,8	100	3,00	20	117 000	380	Bonne santé
E4	64,8	0,673	50,2	58,5	0,70	0,11	100	55,5	60	6,00	17	161 200	370	Bonne à moyenne santé
E5	47,2	0,630	74,7	65,4	0,04	0,24	100	70,8	100	4,00	18	172 500	440	Bonne à moyenne santé
E6	64,8	0,690	77,9	41,0	1,50	0,10	96	61,5	93	2,00	30	183 000	380	Bonne santé
E7	82,4	1,123	78,4	63,5	0,80	0,09	89,1	89,6	99	2,00	28	75 333	382	Excellent santé
E8	85,1	0,563	74,1	59,2	0,30	0,06	81	84,6	91	3,00	30	257 200	389	Bonne santé
E9	100,0	0,401	86,0	66,9	0,50	0,06	100	89	100	0,00	30	224 833	350	Excellente santé
E10	64,8	0,388	42,0	81,4	0,38	0,13	100	80,6	84	1,00	25	186 333	380	Bonne santé
E11	100,0	0,632	86,0	60,6	0,55	0,16	100	75,2	88	0,00	22	174 800	380	Bonne santé

Tableau 18 : Valeurs des indicateurs académiques de la santé des troupeaux, au pâturage


N° élevage	Etat nutrition.	Logemt	Comportemt	QBA	Sanitaire									Reproduct.	Commentaire santé troupeau
	% NEC ok	BHB mmol/L	% vaches propres		Total traitement allopathique /VL/an.	Nb intervention veto/VL/an	Boiterie (% animaux sans boiterie)	Écoulement nasal (% animaux sans écoulement)	Lésion (% animaux sans lésion)	Taux mortalité	Taux Renouv.	Paramphistome _VL_an	Cellules (moyenne troupeau, /ml)	IVV (j)	
E1	0,87	0,406	0,40	68	0,10	0,10	97	93	93	2,00	20	150	220000	400	Bonne santé
E2	0,88	0,400	0,39	67	0,00	0,23	100	52	100	15,00	15	326	496 600	440	Santé dégradée
E3	0,93	0,654	0,82	79	0,02	0,09	100	70	97	3,00	20	38	117 000	380	Bonne santé
E4	0,76	0,662	0,55	72	0,70	0,11	100	68	100	6,00	17	40	161 200	370	Bonne santé
E5	0,79	0,779	0,79	87	0,04	0,24	100	82	100	4,00	18	84	172 500	440	Bonne santé
E6	0,75	0,669	0,18	41	1,50	0,10	90	57	92	2,00	30	40	183 000	380	Bonne santé
E7	0,58	0,547	0,58	76	0,80	0,09	88	74	100	2,00	28	176	75 333	382	Bonne santé
E8	0,84	0,491	0,28	69	0,30	0,06	89	78	96	3,00	30	0	257 200	389	Bonne santé
E9	0,81	0,901	0,48	75	0,50	0,06	97	77	97	0,00	30	10	224 833	340	Bonne santé
E10	0,73	0,405	0,22	77	0,38	0,13	97	60	97	1,00	25	96	186 333	380	Bonne santé
E11	0,89	0,647	0,70	81	0,55	0,16	100	87	98	0,00	22	208	174 800	380	Excellente à bonne santé

Tableau 19 : Valeurs des indicateurs académiques de la santé des prairies (couverts). MAT = matière azotée totale, UFL = Unité fourragère laitière



	Service de production			Services environnementaux			Qualité des produits		Dégradation		Commentaire santé prairie
	Rendement	MAT fourrage	UFL fourrage	Souplesse	Diversité	Pollinisation	Fromage : richesse aromatique	Fromage texture	Présence invasive	Présence ravageur	
E1-P	4	4	3	3	29	1	3	4	non	non	Bonne santé
E1-F	3	2	1	4	37	4	2	1	non	non	Bonne à moyenne santé
E2-P	2	3	4	3	28	1	2	2	non	non	Santé moyenne
E2-F	2	3	4	2	26	1	1	2	non	non	Santé moyenne
E3-P	1	4	3	4	39	4	4	4	non	non	Bonne santé
E3-F	2	3	1	4	31	3	2	1	non	oui	Santé moyenne
E4-P	4	4	3	3	29	1	3	4	non	non	Bonne santé
E4-F	2	3	4	2	24	1	1	2	non	non	Santé moyenne
E5-P	4	1	1	3	32	2	2	2	non	oui	Santé moyenne à dégradée
E5-F	3	2	1	4	33	4	2	1	non	non	Santé moyenne
E6-P	2	4	3	2	18	1	3	4	non	non	Santé moyenne
E6-F	2	4	4	4	20	1	1	1	non	non	Santé moyenne
E7-P	3	4	4	3	28	1	3	4	non	oui	Bonne santé
E7-F	3	2	3	2	19	1	1	1	non	non	Santé dégradée
E8-P	2	4	3	4	37	3	4	4	non	oui	Bonne santé
E8-F	4	2	1	4	36	4	2	1	non	non	Santé moyenne
E9-P	4	1	1	3	26	2	2	1	non	oui	Santé dégradée
E9-F	4	1	1	3	26	2	2	1	non	oui	Santé dégradée
E10-P	3	3	3	4	21	1	4	4	non	non	Bonne santé
E10-F	3	2	2	3	32	3	2	1	non	oui	Santé moyenne
E11-P	3	3	3	4	21	1	4	4	non	non	Bonne santé
E11-F	2	3	4	2	24	1	1	2	non	non	Santé moyenne

Tableau 20 : Valeurs des indicateurs académiques de la santé des sols. C/N = rapport carbone sur azote. CEC = capacité échange cationique

	Type sol	Physique	Chimique : évolution de la matière organique, capacité rétention nutriments, fertilité						Biologique	Conclusion santé sol	
	Type sol	Eau utile g/100g sol	pH eau	Carbone organique (g/kg)	C/N	CEC (Mé/Kg)	P2O5 (g/kg)	K2O (g/kg)	MgO (g/kg)	Statut organique	
E1-P	Volcanique	8,1	5,9	103	12,1	11,2	48	420	430	0,020	Bonne santé
E1-F	Volcanique	10,3	6	126	14,6	11	61	440	390	0,273	Excellente santé
E3-P	Volcanique	8,3	5,5	146	16	7	46	280	330	0,281	Bonne santé
E3-F	Volcanique	8,7	5,4	162	18,6	9,8	59	210	260	0,100	Santé bonne à moyenne
E8-P	Volcanique	6,7	5,8	69	11,6	24,3	40	370	840	0,396	Excellente santé
E8-F	Volcanique	5,2	6,3	55	13,1	25	51	110	1810	0,349	Bonne santé
E9-P	Volcanique	12,2	6,2	118	12,7	18,6	89	340	500	0,211	Excellente santé
E9-F	Volcanique	16,1	6,2	116	12,7	17,7	37	190	460	0,005	Bonne santé
E10-P	Volcanique	5,3	6,5	42,2	10,8	20,5	46	290	1150	0,193	Bonne santé
Réf	Volcanique		5,9	75,5	12,2	11,5	34	310	580		
E2-P	Granitique	6,2	6,2	27		7,7	19	170	190	0,478	Bonne santé
E2-F	Granitique	8,7	6,1	54,1		6,7	25	120	170	0,248	Santé moyenne
E4-P	Granitique	6,7	6,3	41,8		8,8	53	500	320	0,483	Excellente santé
E4-F	Granitique	6,6	6,2	44,2		13,1	82	200	200	0,609	Excellente santé
E5-P	Granitique	7,8	6,4	58,3	12,9	17,6	47	140	350	0,312	Bonne santé
E7-P	Granitique	4,2	7,3	49,9		20,7	160	1140	490	0,353	Excellente à bonne santé
E7-F	Granitique	4,5	6,7	19,5		8,7	88	350	150	0,312	Excellente à bonne santé
E11-P	Granitique	7,7	5,8	51	12,8	8,6	60	330	240	0,233	Excellente santé
E11-F	Granitique	7,3	6	22	10,1	7,6	260	270	190	0,168	Bonne santé
Réf	Granitique		6,06	27,1		9,1	90	260	210		
E5-F	Argilo-Sableux	10,9	6	59,9	12,3	15,1	35	120	240	0,421	Santé moyenne
E6-P	Argilo-Sableux	4,1	6,8	21,6	10,6	8	59	300	200	0,194	Santé moyenne
E6-F	Argilo-Sableux	4,5	6,9	14	10,2	8,6	45	120	220	0,179	Santé moyenne
E10-F	Argilo-Sableux	6,1	5,8	34,6	10,5	12,3	23	200	750	0,382	Santé moyenne
Réf	Argilo-Sableux		7,4	15,3		18,4	90	410	550		

4.2. Résultats de santé pour les métriques/indicateurs des agriculteurs

Santé du troupeau

Pour l'ensemble des périodes de mesure (11 troupeaux observés 4 fois soit n=44 observations), les niveaux de santé observés sont bons :

- 3 excellente santé ;
- 6 excellente à bonne ;
- 20 bonne santé ;
- 11 santé bonne à moyenne ;
- 4 santé moyenne.

Par ailleurs, les résultats de santé des quatre périodes de mesure sont identiques ou proches pour huit fermes parmi les 11 de l'échantillon. Pour les élevages E1 et E3, il existe une différence importante d'état de santé du troupeau entre la période 3 (hiver 2021-2022) et la période 4 (printemps 2022) de prélèvements. Concernant la ferme E9, l'état de santé observé lors de la première visite (hiver 2020-2021) est excellent alors qu'il est moyen/moyen-bon le reste du suivi. D'autre part, de manière générale, que les animaux soient au pâturage ou au bâtiment, les états de santé observés sont similaires.

L'indicateur conduisant à l'état de santé le plus dégradé de l'échantillon, valeur « moyenne », est généralement celui qui concerne la stabilité du rumen, la valorisation de la ration. Malgré des risques d'inflammations (E1-P2, E3-P3, E4-P4 ou E11-P3 par exemples) ces dernières ne sont présentes que pour l'élevage E7 (une période d'observation) et E8 (quelques boiteries). L'état corporel des animaux montre que pour l'ensemble des observations les animaux sont en bon état d'engraissement et généralement propres confirmant les bons états de santé observés.

Santé des prairies et des sols

Les résultats des mesures de la santé des prairies et des sols, selon les indicateurs des agriculteurs, montrent un état de santé satisfaisant pour un grand nombre de parcelles (tableau 17) :

- 2 excellente santé ;
- 5 excellente à bonne santé ;
- 5 de bonne santé ;
- 2 de bonne à moyenne santé ;
- 6 de santé moyenne ;
- 1 de santé dégradée.

Quelle que soit l'utilisation de la parcelle (fauche ou pâture), l'état de santé des deux types d'utilisation semble similaire. De plus, 6 fermes possèdent des états de santé similaires entre les deux parcelles, trois sont proches (moyens versus bon ou bon versus excellent) et 2 fermes possèdent des prairies avec des états de santé très différents : E2 (santé moyenne pour la pâture et excellente pour la fauche) et E10 (excellente pour la pâture et médiocre pour la fauche).

Quelques parcelles (n=4) montrent une surconsommation de matière organique, détériorant la fertilité du sol, et pouvant correspondre à une intensification de l'utilisation ou un travail du sol trop agressif.

Tableau 21 : résultats de la santé des troupeaux selon les indicateurs des agriculteurs

Id élevage	Repro IVV	Caillés	Etat corporel (engraissement + propreté)	Troupeau homogène	Stabilité rumen Valorisation ration	Signes alimentaires et effets santé	Inflammations, boiterie	Etat de santé
E1-P1	400	Solide	Bon état, animaux sales en voie d'amélioration	Oui	Légère instabilité (-2) Bonne valorisation	zone pHG, robes déstructurées, écailles de mucus	Aucune	Bonne santé
E1-P2	400	Solide avec lactosérum / s'effrite	Bon état, animaux sales arrière	Oui	Bonne stabilité (-1) Bonne valorisation	Peaux jaune, yeux rouge, bouses molles, urines claires	Aucune mais risque	Bonne santé
E1-P3	400	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux sales	Non	Instabilité	/ (quelques dépilations)	Aucune	Santé moyenne
E1-P4	400	Solide	Bon état, animaux propres	Oui	Instabilité (-3) Bonne valorisation, léger gaspillage	Zone pHG Peau jaune	Aucune	Santé excellente
E2-P1	440	Solide	Bon état, animaux sales dessous/ cuisses	Oui	Instabilité (-4) Bonne valorisation, léger gaspillage	Barre de saturation, robe déstructurée, bouse molle collante	Aucune Quelques dépilations	Bonne santé
E2-P2	440	Solide	Bon état, animaux sales arrière	Oui	Instabilité (-4) Bonne valorisation	Barre de saturation, robe déstructurée, bouse molle collante	Aucune	Bonne santé
E2-P3	440	Solide	Bon état, animaux sales	Oui	Instabilité (-3) Gaspillages importants	Barre de saturation, robe déstructurée, peau jaune	Aucune	Santé bonne à moyenne
E2-P4	440	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux à peine sales	Oui	Instabilité (-2) ; bonne valorisation	Zone pHG, Œil rouge, peau jaune	Aucune	Bonne santé
E3-P1	380	Solide	Bon état, animaux propres	Oui	Instabilité (-3) Bonne valorisation	Robe déstructurée, barre de saturation, peau jaune	Aucune	Santé excellente à bonne
E3-P2	380	Solide	Bon état, animaux un peu sales	Non	Valorisation plutôt bonne	/	Aucune	Bonne santé
E3-P3	380	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux un peu sales	Oui	Instabilité (3)	Robe déstructurée, barre de saturation, peau jaune	Aucune mais risque	Santé moyenne
E3-P4	380	Solide	Bon état, animaux propres	Oui	Rumen stable (0)	Peu marqués : bouses molles et peau jaune	Aucune	Santé excellente
E4-P1	370	Solide	Bon état, animaux propres	Non	/ Gaspillage de fourrage	/	Aucune	Bonne santé
E4-P2	370	Solide	Bon état, animaux propres	Oui	Instabilité ruminale (-2) Bonne valorisation	Zone pHG et œdème paupière	Aucune	Santé excellente à bonne
E4-P3	370	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux à peine sales	Oui	Instabilité ruminale (-3) Bonne valorisation	Barre de saturation, zone pHG, bouses molles	Aucune	Bonne santé
E4-P4	370	Solide	Bon état, animaux à peine sales en voie d'amélioration	Oui	Légère instabilité ruminale (-2) Gaspillage	Robe déstructurée, œil rouge, nez qui coule	Aucune mais risque	Santé bonne à moyenne
E5-P1	440	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux propres	Non	/Gaspillage de fourrage	/	Aucune	Bonne santé
E5-P2	440	S'effrite	Bon état, animaux propres	Non	/ Gaspillage de fourrage	/	Aucune	Bonne santé
E5-P3	440	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux à peine sales	Non	/ Gaspillage de fourrage	/	Aucune	Santé bonne à moyenne
E5-P4	440	S'effrite	Bon état, animaux à peine sales	Non	/ Valorisation plutôt bonne	/ (yeux rouge, zone pHG, peau jaune)	Aucune	Santé excellente à bonne
E6-P1	380	Solide	Bon état, animaux sales	Non	/ Gaspillage de fourrage	/ (animaux craintifs)	Aucune	Bonne santé
E6-P2	380	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux sales	Non	/ Gaspillage de fourrage	/ (vaches qui se battent)	Aucune mais risque	Bonne santé

Id élevage	Repro IVV	Caillés	Etat corporel (engraissement + propreté)	Troupeau homogène	Stabilité rumen Valorisation ration	Signes alimentaires et effets santé	Inflammations, boiterie	Etat de santé
E6-P3	380	Solide	Bon état, animaux sales en voie d'amélioration	Oui	Instabilité ruminale (-3) Bonne valorisation	Zone pHG, bouses collantes, yeux rouges	Aucune	Bonne santé
E6-P4	380	<i>Pas d'échantillon</i>	Bon état, animaux sales	Oui	Rumen stable (0) Bonne valorisation	Nez qui coule, yeux rouges, peau jaune. Animaux apaisés	Très peu inflammation Pas de boiterie	Santé excellente à bonne
E7-P1	382	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux propres	Non	/ Bonne valorisation	/ (tendance à s'agacer)	Aucune	Santé bonne à moyenne
E7-P2	382	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux à peine sales	Non	/ Gaspillage de fourrage	/	Signes inflammations (pis douloureux...)	Santé bonne à moyenne
E7-P3	382	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux à peine sales	Non	/	/	Aucune	Bonne santé
E7-P4	382	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux à peine sales	Non	/ Gaspillage de fourrage	/ (quelques dépilations)	Aucune	Bonne santé
E8-P1	382	Solide	Bon état, animaux sales	Non	/ Instabilité ruminale, gaspillage	/	Boiteries	Santé bonne à moyenne
E8-P2	382	Solide	Bon état, animaux à peine sales	Non	/ Instabilité ruminale, gaspillage	/	Boiteries	Santé bonne à moyenne
E8-P3	382	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux sales	Oui	Instabilité ruminale (-4), gaspillage	Zone pHG, Robe déstructurée, peau jaune, poils ondulés	Aucune	Bonne santé
E8-P4	382	Solide	Bon état, animaux à peine sales	Non	/ Gaspillages	/	2-3 boiteries	Bonne santé
E9-P1	350	Solide	Bon état, animaux propres	Oui	Instabilité ruminale (-3) Bonne valorisation	Zone pHG barre de saturation, nez qui coule, TP-TB écartés	Aucune	Santé excellente
E9-P2	350	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux à peine sales	Non	/ Mauvaise valorisation	/ acidose pas loin	Aucune	Santé moyenne
E9-P3	350	Solide avec lactosérum / s'effrite	Bon état, animaux à peine sales	Non	/ Gaspillages	/ (robe déstructurée, zone pHG)	Aucune	Santé bonne à moyenne
E9-P4	350	Solide	Bon état, animaux à peine sales	Non	/Gaspillages	/	Aucune	Santé bonne à moyenne
E10-P1	380	Solide / Solide avec lactosérum	Bon état, animaux propres	Non	/ Bonne valorisation, léger gaspillage	/ (transpiration)	Aucune	Santé excellente à bonne
E10-P2	380	S'effrite	Bon état, animaux sales	Non	/ Gaspillages	/	Aucune	Bonne santé
E10-P3	380	S'effrite	Bon état, animaux sales	Oui	Instabilité ruminale (-4) Manque à peine fibrosité	Zone pHG, robe déstructurée, la peau ocre, poils ondulés	Aucune	Bonne santé
E10-P4	380	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux sales	Non	/ Manque à peine fibrosité	/ (quelques dépilations)	Aucune	Bonne santé
E11-P1	380	Solide	Bon état, animaux propres	Non	/ Gaspillage	/	Aucune	Santé excellente à bonne
E11-P2	380	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux à peine sales	Non	/ Gaspillage	/	Aucune mais risque	Santé bonne à moyenne
E11-P3	380	Solide avec lactosérum	Bon état, animaux à peine sales	Non	/ Gaspillage	/	Aucune mais risque	Santé moyenne
E11-P4	380	Solide	Bon état, animaux à peine sales	Non	/ Gaspillage	/	Aucune	Santé bonne à moyenne

Tableau 22 : Résultats de la santé des prairies (couverts) mesurés selon les indicateurs des agriculteurs. Rendmt = rendement.

	Note diversité	Rendmt	Couleur couvert	Couleur sol	Flottaison	Friabilité	Elasticité (+agrégats)	Conclusion Digestion Matière organique	Conclusion Fertilité potentielle	Les graminées : touffe/ plaque/ coussin	Couverture végétale 2	Conclusion Rendement	Etat de saté
E1-P	7	8	7	Sombre et rouge	Coule sans délai et se tient	Moyenne	Moyenne	Variable mais bonne	Bonne	En touffe plutôt serrées à tiges et feuilles plutôt large et épaisses.	Peu à pas de plantes autres que graminées	Bon	Santé excellente à bonne
E1-F	7	8	9	Sombre et rouge	Coule sans délai et se tient	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	En touffe plutôt serrées à tiges et feuilles plutôt large et épaisses.	Peu à pas de plantes autres que graminées	Bon, régulière en production	Santé excellente à bonne
E2-P	5	7	7	Sombre,	Flotte entre 10 et 30 secondes	Bonne	Bonne ; agrégats à granulométrie grossière	Bonne	Bonne	Beaucoup de plaques et de coussins.	Peu à pas de plantes autres que graminées	Moyen à faible, trop de pression des animaux	Santé moyenne
E2-F	5	7	8	Clair,	Coule sans délai et se tient	Bonne	Bonne ; agrégats à bouts ronds	Bonne	Bonne	En touffes, à grosses tiges et feuilles mais restant petites.	Peu à pas de plantes autres que graminées	Bon, régulier	Santé excellente
E3-P	9	7	8	Très sombre, un peu rouge	Flotte plus de 30 secondes		Elasticité : éponge	Accumulation matière organique	Très bonne	En touffes et surtout coussins à feuilles fines et étroites.	Plantes acrotones souvent présentes	Moyenne mais satisfaisante éleveur	Santé excellente à bonne
E3-F	8	7	8	Très sombre, un peu rouge	Flotte plus de 30 secondes		Elasticité : éponge	Accumulation matière organique	Très bonne	En touffes d'abord et un peu coussins	Peu de plantes autres que graminées	Moyenne mais satisfaisante éleveur	Santé excellente à bonne
E4-P	7	5		Un peu sombre,	Flotte moins 10 secondes	Bonne	Bonne ; agrégats à bouts ronds	Légère accumulation	Bonne	En touffes serrées à feuilles étroites et fines, beaucoup de rampantes	Peu à pas de plantes autres que graminées	Bon	Santé moyenne
E4-F	4	8		Clair, beaucoup de mica	Coule sans délai et se tient	Bonne	Bonne ; agrégats à bouts ronds	Bonne	Bonne	En touffes à feuilles et tiges larges et épaisses	Peu à pas de plantes autres que graminées	Moyen à bon	Bonne santé
E5-P	6	5	7	Sombre à très sombre	Flotte plus de 30 secondes	Bonne	Correcte	Accumulation matière organique	Bonne	Graminées à feuilles étroites et courtes typées plaques et aussi coussins	Peu à pas de plantes autres que des graminées	Bon	Santé moyenne
E5-F	6	5	9	Sombre à très sombre,	Coule sans délai et se tient	Bonne	Peu d'agrégats pas d'élasticité	Accumulation matière organique	Bonne	A feuilles et tiges plus épaisses, certaines typées touffes et d'autres coussins	Peu à pas de plantes autres que des graminées	Bon	Santé moyenne

	Note diversité	Rendmt	Couleur couvert	Couleur sol	Flottaison	Friabilité	Elasticité (+agrégats)	Conclusion Digestion Matière organique	Conclusion Fertilité potentielle	Les graminées : touffe/ plaque/ coussin	Couverture végétale 2	Conclusion Rendement	Etat de saté
E6-F	5	7		Plutôt clair	Coule sans délai et se tient	Bonne	Correcte	Surconsommation	Moyenne à médiocre	En touffes à feuilles larges et tiges épaisses	Bonne part de légumineuses	Bon	Santé moyenne
E7-P	6	7		Plutôt sombre,	Coule sans délai et se tient	Bonne	Bonne ; agrégats à bouts ronds	Bonne	Bonne à très bonne	En touffe à feuilles et tiges larges et épaisses, et aussi à feuilles et tiges plus fines et étroites.	Peu à pas de plantes autres que des graminées	Bon	Santé excellente
E7-F	5	8		Très claire, mica visible	Coule sans délai et se tient	Bonne	Correcte ; agrégats assez biseautés	Surconsommation	Moyenne	En touffe à feuilles et tiges larges et épaisses	Peu à pas de plantes autres graminées	Bon	Bonne santé.
E8-P	6	6	8	Sombre et rouge	Coule sans délai et se tient	Moyenne	Correcte	Bonne	Bonne	En touffes, rampantes et à coussins	Peu à pas de plantes autres que graminées	Moyen, régulier	Bonne santé
E8-F	6	6	8	Sombre et rouge	Coule sans délai et se tient	Moyenne	Correcte	Bonne	Bonne	En touffes d'abord peu tallées et rampantes	Peu à pas de plantes autres que graminées	Bon	Bonne santé
E9-P	6	8	10	Sombre et rouge	Flotte plus de 30 secondes	Bonne	Correcte ; agrégats à bouts ronds	Accumulation matière organique	Bonne	En touffes et quelques rampantes	Peu à pas de plantes autres que graminées	Très bon	Santé bonne à moyenne
E9-F	6	8	10	Sombre et rouge	Flotte plus de 30 secondes	Bonne	Correcte ; agrégats à bouts ronds	Accumulation matière organique	Bonne	En touffes	Peu à pas de plantes autres que graminées	Très bon	Santé bonne à moyenne
E10-P	8	8		Sombre	Coule sans délai et se tient	Bonne	Bonne ; agrégats à bouts ronds	Bonne	Excellente	Graminées en touffes	Peu à pas de plantes autres que graminées	Bon	Santé excellente à bonne
E10-F	8	7		Très clair	Coule sans délai et se tient	Difficile	Pas d'élasticité ; agrégats biseautés	Surconsommation	Moyenne	Graminées rampantes	Peu à pas de plantes autres que graminées	Moyen	Santé dégradée
E11-P	5	8	9	Sombre, mica visible	Coule sans délai et se tient	Bonne	Bonne ; agrégats à bouts ronds	Bonne	Bonne à très bonne	En touffes, à petites feuilles et tiges étroites et graminées rampantes	Pas de plantes autres que graminées	Bon	Bonne santé
E11-F	5	8	9	Clair	Coule sans délai et se tient	Bonne	Pas d'élasticité ; agrégats biseautés	Surconsommation	Moyenne	En touffes à feuilles larges et tiges épaisses	Présence d'une bonne part de légumineuses	Bon	Santé moyenne

5. Discussion des résultats des mesures et de leur confrontation

5.1. *Les limites de la méthodologie mise en place*

5.1.1. Evaluation académique

Pour mesurer la santé des fermes, nous avons mis en place un double protocole associant des indicateurs du monde académique et des indicateurs des éleveurs. Cependant la méthodologie proposée, notamment par le protocole académique possède des limites quant à sa robustesse et offre donc des perspectives d'amélioration.

La première étape de la méthodologie a consisté à choisir les indicateurs conservés pour l'évaluation finale. Pour cela les indicateurs les plus fiables et les plus discriminants au sein de l'échantillon, ont été conservés. Ces choix permettent en effet, respectivement, de favoriser la robustesse de la méthodologie et de mettre à jour différents états de santé. Certains indicateurs possédant une valeur satisfaisante pour l'ensemble des fermes (écoulement oculaire par exemple, l'utilisation de vermifuge n'est pas intégrée puisque les fermes de l'échantillon n'y ont pas recours) ont ainsi été enlevés car non essentiel à l'analyse. Un échantillonnage différent et montrant donc des états de santé différents, aurait pu nous amener à les inclure dans l'analyse.

D'autre part, l'agrégation des indicateurs constitue une étape clé de l'évaluation de la santé que nous proposons. Il serait ainsi intéressant de regrouper un nombre plus conséquent d'experts afin de valider les choix de pondération et de compensation (Lairez et al., 2017). Ainsi, nous avons fait le choix d'accorder le même poids à l'ensemble des indicateurs de notre analyse. Or certains indicateurs sont particulièrement pénalisants pour un grand nombre de fermes et peuvent paraître moins importants que d'autres. Par exemple, l'écoulement nasal pour le troupeau ou de la pollinisation pour les prairies ont la même importance, respectivement, que l'état corporel des animaux ou le rendement des prairies alors que ces deux derniers ont un impact plus fort sur la santé de la ferme et ses résultats. Une autre pondération est possible, et pourrait conduire à d'autres résultats de santé. D'autre choix de compensation (totale par exemple) étaient également possibles. Les résultats des agrégations (« bonne santé du troupeau » par exemple) sont à interpréter à la lumière des choix effectués, d'autant plus que le nombre de fermes sur laquelle la méthodologie a été appliquée est faible (n=11).

Les résultats mesurés pour les trois pôles de santé sont globalement « bons » pour l'ensemble des parcelles et des troupeaux suivis, avec quelques variations observées. Un échantillonnage intégrant des systèmes plus diversifiés, conventionnels aurait permis de percevoir des différences d'état de santé plus marqués.

5.1.2. Evaluation des agriculteurs

La méthodologie mise en place par les agriculteurs possède les mêmes limites que celle des indicateurs académiques et d'autant plus qu'elle repose sur un faible nombre d'indicateurs. De plus, les indicateurs étant essentiellement qualitatifs certains choix relèvent d'une part subjective.

5.2. *Confrontation des résultats de santé des troupeaux en considérant les approches académiques et des agriculteurs*

La confrontation des protocoles académiques et des éleveurs conduit aux mêmes conclusions de santé globale pour 16 observations de la santé du troupeau parmi les 22 réalisées (tableau 23). Parmi les 6 observations pour lesquelles les diagnostics ne sont pas identiques, 4 sont proches (1 catégorie d'écart) alors que les 2 autres (E2 au bâtiment et au pâturage) amènent à des conclusions différentes. La différence d'état de santé du troupeau de la ferme E2, s'explique par l'intégration du taux de mortalité et du comptage des cellules somatiques, qui sont tous les deux mauvais, dans le protocole académique.

Une analyse plus fine des résultats obtenus par les deux protocoles concernant l'état nutritionnel, le logement/propreté et l'état sanitaire (tableau 23) montre que les indicateurs d'état d'engraissement et de propreté aboutissent à des résultats similaires, à l'exception de respectivement 3 (E2 bâtiment, E7 et E10 pâtures) et 2 observations. L'appréciation de l'état des animaux se fait uniquement au niveau des du flanc pour les éleveurs alors l'évaluation des NEC selon la grille développée par Bazin est obtenue en moyennant une note arrière et une note de flanc. Pour la propreté des animaux, les zones d'observation sont également différentes puisque la totalité de l'animal est observé pour évaluer l'indicateur proposé par les éleveurs alors que l'indicateur académique propose de se focaliser sur les cuisses, les mamelles et les jarrets. Il s'agit donc d'indicateurs très proches mais avec des zones d'observation pas tout à fait identiques. L'état sanitaire évalué par les deux protocoles est différent pour 6 observations avec systématiquement un état de santé plus dégradé pour le protocole académique par rapport à celui du terrain. Cela s'explique par l'intégration d'indicateurs supplémentaires au sein de la dimension sanitaire du protocole académique tels que le taux de mortalité ou le pourcentage d'animaux possédant un écoulement nasal. Les différences observées peuvent donc s'expliquer par l'utilisation d'indicateurs proches mais également certains indicateurs qui reposent sur des concepts différents.

Pour les 4 observations ayant un état de santé global non similaires mais proches nous ne constatons pas de différence d'évaluation de l'état nutritionnel, du logement et de l'état sanitaire. Cette légère différence d'évaluation globale peut s'expliquer par le fait que l'adjectif « bon » ou « moyen » soit utilisé par le monde académique et les agriculteurs dans des situations de santé similaires. Les seuils utilisés pour attribuer un adjectif d'état de santé peuvent donc varier entre les deux protocoles

De plus, l'agrégation des indicateurs, le poids attribué pour déterminer l'état global d'un pôle différent également entre les deux protocoles. Ainsi, alors que la reproduction et le comportement sont observés dans les deux protocoles, leur intégration n'est pas identique dans les deux évaluations. Ces deux indicateurs semblent avoir un poids moins important que la nutrition et l'état sanitaire au sein du protocole des agriculteurs, contrairement à notre choix qui accorde au sein du cadre théorique le même poids à chacun des indicateurs. Par ailleurs, pour 9 observations, un même indicateur amène parfois à des conclusions de santé différentes sans que cela n'influence le diagnostic global. C'est par exemple le cas pour l'état sanitaire qui est différent entre le protocole académique et celui des agriculteurs pour les observations de troupeau de E4 et E5 (au pâturage et au bâtiment) avec cependant des états globaux de la santé des troupeaux identiques. Cela s'explique par le fait que les conclusions des autres indicateurs sont identiques entre les deux protocoles.

La méthodologie d'agrégation étant différente entre les deux protocoles, la comparaison fine des résultats (tableaux 24 et 25) est à favoriser par rapport à une comparaison globale des états de santé. Les grandes similarités observées au sein de ces comparaisons fines (notamment pour le troupeau et les sols des prairies) confirment notre hypothèse selon laquelle, même si des indicateurs d'évaluation sont en parties différents entre le monde académique et les éleveurs, les résultats de santé sont similaires.

Tableau 23 : confrontation des états de santé du troupeau selon les indicateurs académiques et des agriculteurs. Les différences observées sont colorées en orange dans le tableau, les éléments similaires en vert

	Conclusion santé troupeau		Nutrition		Logement		Sanitaire	
	Agriculteurs 2021 et 2022	Académiq.	Agriculteurs (état engraissement)	Académiq (NEC, BHB)	Agriculteurs (propreté)	Académique (logement, propreté)	Agriculteurs	Académiq
E1-Bâtiment	Bon ; moyen	Bon	Bon	Bon	Propre	Bon, propre	Bon	Bon
E1-Pature	Bon ; excellent	Bon	Bon	Bon	Variable	Animaux un peu sales	Bon	Bon
E2-Bâtiment	Bon ; moyen à bon	Dégradé	Bon	Moyen	Animaux sales	Bon, animaux sales	Bon	Dégradé
E2-Pature	Bonne ; bonne	Dégradé	Bon	Bon	Propre	Animaux un peu sales	Bon	Dégradé
E3-Bâtiment	Bon à excellent ; moyen	Bon	Bon	Bon	Propre / à peine sale	Moyen, propres mais à l'attache	Bon	Bon
E3-Pature	Bon ; excellent	Bon	Bon	Bon	Propre	Propre	Bon	Bon
E4-Bâtiment	Bon ; bon	Moyen à bon	Bon	Bon	A peine sale	Bon, propre	Bon	Moyen
E4-Pature	Bon à excellent ; moyen à bon	Bonne	Bon	Bon	Se nettoient	Propre	Bon	Moyen
E5-Bâtiment	Bon ; moyen à bon	Moyen à bon	Bon	Bon	Propre	Bon, propre	Bon	Moyen
E5-Pature	Bon ; bon à excellent	Bon	Bon	Bon	Propre / à peine sale	Propre	Bon	Moyen
E6-Bâtiment	Bon ; bon	Bon	Bon	Bon	Animaux sales	Bon, propre	Bon	Bon
E6-Pature	Bon ; bon à Excellent	Bon	Bon	Bon	Animaux sales	Animaux sales	Bon	Bon
E7-Bâtiment	Moyen à bon ; bon	Excellent	Bon	Bon	A peine sale	Moyen, animaux propres mais à l'attache	Bon	Bon
E7-Pature	Moyen à bon ; bon	Bon	Bon	Moyen	A peine sale	Propre	Bon	Bon
E8-Bâtiment	Moyen à bon ; bon	Bon	Bon	Bon	Animaux sales	Bon, propre	Moyen puis Bon	Bon
E8-Pature	Moyen à bon ; bon	Bon	Bon	Bon	A peine sale	Animaux sales	Moyen puis bon	Bon
E9-Bâtiment	Excellent ; moyen à bon	Excellent	Bon	Bon	Propre	Bon, propre	Bon	Bon
E9-Pature	Moyen ; moyen à bon	Bon	Bon	Bon	A peine sale	Propre	Bon	Bon
E10-Bâtiment	Bon à excellent ; bon	Bon	Bon,	Bon	Animaux propres puis sales	Moyen, animaux propres mais à l'attache	Bon	Bon
E10-Pature	Bon ; bon	Bonne	Bon	Moyen	Animaux sales	Animaux sales	Bon	Bon
E11-Bâtiment	Bon à excellent ; moyen	Bonne	Bon	Bon	Propre	Bon, propre	Bon	Bon
E11-Pature	Moyen à bon ; moyen à bon	Bon à excellent	Bon	Bon	A peine sale	Propre	Bon	Bon

5.3. *Confrontation des résultats de santé des prairies (sol et couvert végétal)*

Les deux protocoles conduisent au même diagnostic global pour 11 parcelles sur les 21 suivies. Pour les 10 parcelles où les diagnostics ne sont pas identiques, les résultats sont proches pour 6 d'entre elles (santé bonne versus santé moyenne par exemple) et différentes pour 4 d'entre elles (E2F, E4P, E7 F, E10F). Les divergences des états de santé des parcelles E2F et E10F s'expliquent par des conclusions différentes concernant des indicateurs de fertilité et rendement pour la première parcelle et l'évolution de la matière organique, la diversité prairiale et le rendement pour la seconde parcelle (tableau 24). Les indicateurs reposant sur des concepts différents, les résultats peuvent diverger. Les conclusions globales différentes peuvent être dues à l'ajout de certains indicateurs dans le protocole académique (souplesse d'exploitation, capacité d'accueil des pollinisateurs par exemple). Concernant la parcelle E7F, un seul indicateur amène à des conclusions différentes (fertilité) et pour la parcelle E4P l'ensemble des conclusions d'évolution de la matière organique, fertilité, diversité prairiale et rendement sont identiques ou proches.

Une analyse plus précise des indicateurs montre des résultats similaires concernant la matière organique et son évolution, à l'exception de la parcelle E10-F pour laquelle, selon le protocole des agriculteurs une surconsommation est présente. Concernant la capacité de stockage des nutriments, de l'eau et la fertilité du sol, 5 parcelles amènent à des résultats divergents qui s'expliquent notamment par les mesures de P205 et K2O dans le protocole académique alors que celui des éleveurs se rapproche plus d'une analyse de la structure du sol et de la CEC. Les indicateurs qui concernent le couvert végétal (la diversité des espèces, les rendements, la qualité des fourrages) montrent plus de différence entre les deux diagnostics (9 pour la diversité végétale et 13 pour les rendements). Plusieurs raisons expliquent ce constat. Tout d'abord, les résultats des indicateurs académiques portant sur le couvert sont estimés d'après la typologie multifonctionnelle du Massif central et constituent donc un potentiel théorique alors que le protocole des agriculteurs s'appuie sur des observations directes (Michaud et al., 2013). Par ailleurs, concernant la diversité des espèces prairiales, les agriculteurs donnent une note, ajustée par l'évaluation plus spécifique de la présence de légumineuses, mais sans faire de réel comptage et sans avoir de connaissances botaniques spécifiques pour la majorité : il s'agit donc d'une estimation.

Tableau 24 : confrontation des états de santé des sols et prairies selon les indicateurs académiques et des agriculteurs. Les différences observées sont colorées en orange dans le tableau, les éléments similaires en vert

	Conclusion globale agriculteurs	Conclusion globale sol académique	Conclusion globale prairie académique	Evolution Matière organique		Nutriments, Fertilité/eau		Diversité		Rendement, qualité	
				Agris	Académique	Agris	Académique	Agris	Académique	Agris	Académique
E1-P	bon/très bon	bonne	bon	bonne	bonne	bonne	bonne	bonne	bonne	bons	bons
E1-F	bon/très bon	excellent	moyen à bon	bonne	tendance accumulation	bonne	bonne	bonne	excellente	bons	bon rendement, qualité moyenne
E2-P	moyen	bon	moyen	bonne	bonne	bonne	moyenne	moyenne	bonne	rendement moyen	rendement moyen, bonne qualité
E2-F	excellent	moyen à bon	moyen	bonne	bonne	bonne	moyenne	moyenne	moyenne	bons	rendement moyen, bonne qualité
E3-P	bon/très bon	bon	bon	accumulation	accumulation	bonne	bonne	excellent	excellente	rendement moyen, bonne qualité	mauvais rendement, bonne qualité
E3-F	bon/très bon	moyen à bon	moyen	accumulation	accumulation	bonne	bonne	bon à excellent	bonne	rendement moyen, bonne qualité	rendement et qualité moyens
E4-P	moyen	excellent	bon	légère accumulation	bonne	bonne	bonne	bon	bonne	bons	bons
E4-F	bon	excellent	moyen	bonne	bonne	bonne	bonne	moyen	moyen	bons	rendement moyen, bonne qualité
E5-P	moyen	bon	moyen à dégradé	accumulation	accumulation	bonne	bonne	moyen à bon	bonne	bons	bon rendement, qualité mauvaise
E5-F	moyen	moyen à bon	moyen	accumulation	accumulation	bonne	bonne	moyen à bon	excellente	bons	bon rendement, qualité mauvaise
E6-F	bon	moyen	moyen	surconsommation	légère surconsommation	moyenne	moyenne	moyen	mauvaise	bons	rendement moyen, bonne qualité
E7-P	excellent	bon à excellent	bon	bonne	bonne	bonne	bonne	moyen à bonne	bonne	bons	bons
E7-F	bon	bon à excellent	dégradé	surconsommation	légère surconsommation	moyenne	bonne	mauvaise	mauvaise	bons	bons
E8-P	bon	excellent	bon	bonne	bonne	bonne	bonne	moyenne à bonne	excellente	rendement moyen, bonne qualité	rendement moyen, bonne qualité
E8-F	bon	bon	moyen	bonne	bonne	bonne	moyenne	bonne	excellente	bon rendement	bon rendement, qualité mauvaise
E9-P	moyen à bon	excellent	dégradé	accumulation	tendance accumulation	bonne	bonne	moyenne à bonne	moyenne	excellent rendement	excellent rendement, qualité mauvaise
E9-F	moyenne à bon	bon	dégradé	accumulation	tendance accumulation	bonne	bonne	moyenne à bonne	moyenne	excellent rendement	excellent rendement, qualité mauvaise
E10-P	bon à excellent	bon	bon	bonne	légère surconsommation	bonne	bonne	moyenne	mauvaise	bons	bons
E10-F	dégradé	moyen	moyen	surconsommation	bonne	moyenne	moyenne	moyenne	excellente	moyens	bon rendement, qualité moyenne
E11-P	bon	excellent	bon	bonne	bonne	bonne	bonne	moyenne	mauvaise	bons	bons
E11-F	moyen	bon	moyen	surconsommation	surconsommation	moyen	bonne	moyenne	moyenne	bon rendement	rendement moyen, bonne qualité

5.4. *Des indicateurs différents mais qui mesurent de grands principes communs*

Les deux protocoles reposent globalement sur les mêmes « grands principes » : mesure de la propreté, de l'état d'engraissement ou évaluation des inflammations/ boiteries des animaux ; évaluation de la matière organique, de la fertilité (nutriments) des sols à l'aide d'indicateurs physiques chimiques et biologiques ; intégration des rendements et de la diversité des espèces prairiales pour évaluer leur santé. Cela explique que les deux protocoles conduisent à des diagnostics globaux identiques ou proches dans quasiment toutes les observations de santé des prairies, sols et troupeaux (partie 4 de ce chapitre).

Cependant, à un niveau plus détaillé, des différences apparaissent entre les deux protocoles. Ces différences peuvent tout d'abord être dues aux indicateurs utilisés. De manière générale, les indicateurs des éleveurs correspondent à des « signes » à des éléments quantitatifs alors que ceux des protocoles académiques correspondent à des mesures quantitatives définies par des normes. Les agriculteurs cherchent en effet à pouvoir évaluer rapidement et à moindre coût le fonctionnement et la santé des différents pôles.

Si certaines mesures d'un indicateur commun sont proches (propreté des animaux, boiterie par exemple, la diversité des espèces prairiales) d'autres diffèrent, tout en conduisant à des résultats similaires. Par exemple, la matière organique est évaluée dans les deux protocoles. Il s'agit cependant d'une mesure en laboratoire du carbone organique pour le protocole académique, alors que pour les agriculteurs elle est estimée à partir de la couleur et de la flottaison des mottes de sol. Cet indicateur, facile à mettre en place sur le terrain, se rapproche d'ailleurs du slake test ou test de stabilité structurale mis en place par certains instituts techniques et de recherche¹. Ce test sert à évaluer –comme son nom l'indique- la stabilité du sol et notamment son activité biologique et le taux de matière organique du sol.

Pour d'autres indicateurs, les résultats de mesure ne sont pas toujours similaires. Ainsi, si le rendement et la diversité des espèces prairiales sont mesurés dans les deux protocoles, les résultats diffèrent fréquemment. Puisque le protocole académique s'appuie sur le potentiel défini par la typologie, il serait intéressant de réaliser un relevé phytosociologique complet et des mesures de rendement pour vérifier si les résultats diffèrent toujours ou se rapprochent des conclusions des indicateurs des agriculteurs.

Par ailleurs, également dans une optique de gain de temps et d'argent, les agriculteurs ciblent un nombre plus faible d'indicateurs que dans les protocoles académiques (par exemple pour les sols 4 indicateurs sont observés par les agriculteurs contre 9 pour le protocole académique). Les différences d'état de santé mesurées peuvent ainsi également être expliquées par l'ajout de certains indicateurs dans l'un des protocoles.

5.5. *Vers une quantification de la santé des fermes*

Les résultats des différents pôles de santé - des sols, des prairies et des troupeaux- des 11 fermes suivies montrent des états de santé globalement satisfaisants. Ce constat est d'autant plus marqué pour les troupeaux (tableau 25). En effet, à l'exception de la ferme E2 - dont l'état de santé est dégradé - les troupeaux possèdent tous un niveau de santé qualifié d'« excellent », « bon », ou « moyen à bon ». Les états de santé du troupeau sont également satisfaisants quand ils sont comparés à des observations sur d'autres fermes. Ainsi l'application du seul protocole Welfare Quality® sur les 11 troupeaux suivis

¹ Exemple de protocole disponible à l'adresse suivante : https://agriressources.fr/fileadmin/user_upload/Auvergne-Rhone-Alpes/177_Eve-agriressources/fertisols/RESSOURCES/Diagnostic/Prosensols_A7_Structure_USDA.pdf

montre des résultats de santé supérieurs à ceux habituellement rencontrés sur les fermes (annexe 7). Sur les deux périodes hivernales de notre échantillon, l'ensemble des fermes est classé « enhanced » (santé améliorée) et 3 observations sont même classées « excellent ». A contrario, parmi les 715 fermes européennes en bovins lait (dont 192 françaises) sur lesquelles Welfare Quality® a été appliqué, aucune n'a obtenu un état de santé excellent et seul 48 % des fermes ont un état « amélioré ». Les autres fermes ont été évaluées acceptable (48%) et non évaluée, c'est-à-dire possédant un état de santé jugé insuffisant (4%). Cette différence s'explique notamment par notre échantillonnage (systèmes herbagers de montagne, agroécologique) et un faible niveau d'intensification des fermes. Par ailleurs, les états de santé des troupeaux en bâtiments semblent un peu plus hétérogènes qu'au pâturage, une étude des pratiques d'alimentation mises en place en période hivernale pourrait être intéressante pour faire un éventuel lien entre pratiques de gestion et état de santé.

La santé des sols est également d'un niveau « bon » pour l'ensemble des fermes à l'exception de E6 (moyen) et E10 (moyenne à bonne). Là encore ce bon niveau de santé – estimé par rapport au fonctionnement des sols en Auvergne- peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit essentiellement de prairies permanentes qui sont peu intensifiées (fertilisation moyenne de 60 unités d'azote, uniquement organique).

Les résultats de santé des prairies indiquent que les prairies de l'échantillon sont majoritairement en bonne ou moyenne santé. Si certains de ces états de santé – notamment les 4 prairies dégradées ou avec un état de santé moyen à dégradé - peuvent sembler constituer un niveau faible au regard du choix des systèmes suivis, il serait intéressant de pouvoir comparer ces résultats à des références pour déterminer si ces résultats sont réellement faibles. En effet, les valeurs potentielles définies par la typologie sont, pour certains indicateurs, faibles pour un grand nombre de types. Cela est illustré par le fait que plus de 2/3 des types de prairies répertoriés dans la classification du Massif central possèdent une note d'accueil des pollinisateurs de 1 ou de 2 et environ la moitié des types possèdent une note de 2 pour les valeurs en MAT (matière azotée totale) des fourrages (Galliot et al., 2020). En outre, la réalisation de mesures directes, permettrait d'estimer le véritable état de santé des prairies, en mesurant l'écart à son potentiel, comme réalisé pour le sol et proposé par Giraudoux (2022). Cela permettrait d'avoir des mesures plus fiables concernant notamment le nombre d'espèces puisque le potentiel de diversité est différent selon le type de prairie, à savoir son mode d'exploitation (fauche, pâture ou mixte) et son milieu (altitude notamment). Par exemple, des prairies possédant 20 espèces peuvent être considérées comme diversifiées (prairie collinéenne sur sol fertile) ou au contraire peu diversifiée (prairie montagnarde avec un sol peu fertile) selon les conditions.

A l'échelle de la ferme, lorsqu'on associe les trois piliers de santé, les états de santé sont généralement bons (tableau 25), pour les deux protocoles. Les quelques exceptions sont par exemple les fermes E2 et E6, selon le protocole académique, ou des piliers de santé de certaines fermes (santé des prairies de E9 selon le protocole académique, santé de la prairie de fauche de E10 selon le protocole des agriculteurs par exemple). L'état d'intensification du système pouvant impacter l'état de santé des fermes, l'étude d'autres systèmes de production notamment conventionnels devrait conduire à d'autres résultats de santé.

Tableau 25 : état global de la santé des sols, prairies et troupeaux des fermes suivies selon le protocole académique

Ferme	Santé sol (pâture / fauche)	Santé prairie (pâture / fauche)	Santé troupeau (Bâtiment/pâturage si différents)
E1	Bonne / excellente	Bonne / moyenne à bonne	Bonne
E2	Bonne / moyenne à bonne	Moyennes	Dégradée
E3	Bonne / moyenne à bonne	Bonne / moyenne	Bonne
E4	Excellentes	Bonne / moyenne	Moyenne à bonne / bonne
E5	Bonne / moyenne à bonne	Moyenne à dégradée / moyenne	Bonne / moyenne à bonne
E6	Moyenne	Moyenne	Bonne
E7	Bonnes à excellentes	Bonne / dégradée	Bonne / excellente
E8	Excellente/ bonne	Bonne / moyenne	Bonne
E9	Excellente/ bonne	Dégradées	Excellente /bonne
E10	Bonne / moyenne	Bonne / moyenne	Bonne
E11	Excellente /bonne	Bonne / moyenne	Bonne / bonne à excellente

6. Conclusion

Nous avons défini un double protocole de mesure, intégrant indicateurs du monde académique et indicateurs des éleveurs, et nous l'avons mis en place sur les 11 fermes suivies. Cette application a mis en évidence, conformément à notre hypothèse, des similitudes dans les conclusions globales de l'état de santé, plus particulièrement pour la santé des troupeaux. Même si de grands principes et certains indicateurs sont partagés, notre analyse détaillée des diagnostics montre que certains indicateurs communs sont interprétés de façon différente, et d'autres sont spécifiques aux agriculteurs ou au protocole académique. L'échantillon sur lequel s'appuie l'évaluation de la santé est globalement « bon », une validation sur d'autres systèmes est donc nécessaire pour valider cette méthodologie. Le travail que nous avons mené ouvre donc des perspectives de recherche permettant d'enrichir les échanges entre acteurs du terrain et monde académique dans une optique d'accompagnement des systèmes agricoles vers plus de santé. Les états de santé mesurés, globalement satisfaisants, sont expliqués selon les agriculteurs, par la mise en place de certaines pratiques de gestion. Ces liens entre santé et pratiques de gestion sont à expliciter.

Chapitre 4 : Quels sont les pratiques de gestion et fonctionnements de système mis en place sur le terrain dans un objectif de santé ?



Sources personnelles

La littérature et les agriculteurs font état de pratiques de gestion qui favorisent la santé d'une ferme et de ses trois pôles (troupeau, sol, prairie). L'objectif de ce chapitre est d'identifier des pratiques de gestion et des fonctionnements de système, référencés au sein de la littérature scientifique et également ceux mis en place par les agriculteurs, dans une vision de santé. Pour cela, une première partie présente les différentes pratiques de gestion rencontrées dans la littérature et sur les fermes, et leurs liens avec les résultats de santé mesurés dans le chapitre 3. L'analyse proposée prendra en compte la cohérence globale des systèmes en analysant leur fonctionnement. Une seconde partie, correspondant à un article publié dans la revue *Animal*, étudie l'effet d'une pratique de gestion de l'alimentation sur la santé animale et économique de la ferme.

1. Des pratiques de gestion et des choix de fonctionnement de systèmes sont mis en place sur le terrain dans un objectif de santé : méthodologie

1.1. *Identification des pratiques de gestion favorisant la santé*

Analyse de la littérature

L'analyse de la littérature menée dans le chapitre 2 a permis de référencer des pratiques de gestion favorables à la santé des trois pôles étudiés (troupeau, prairies, sol).

Pratiques référencées par les agriculteurs

Lors des entretiens conduits auprès des éleveurs, dont la méthodologie est précisée dans le chapitre 2 (paragraphe 1.3), les agriculteurs ont été interrogés sur les pratiques de gestion qu'ils mettent en place et qui favorisent, selon eux, la santé des sols, des prairies et des troupeaux. Les échanges réguliers avec les agriculteurs durant les deux années de mesures et les observations dans leur quotidien, ont permis de répertorier des pratiques de gestion et surtout de compléter cette première enquête et d'avoir une compréhension fine des pratiques mises en place. Ces différents échanges ont permis de réaliser une synthèse recensant l'ensemble des pratiques de gestion mises en place sur les fermes.

1.2. *Suivi des pratiques de gestion mises en place sur les fermes ainsi que leur fonctionnement*

À la suite de l'identification des pratiques de gestion mises en place dans un objectif de santé, nous avons réalisé un suivi de ces pratiques du début d'année 2020 au printemps 2022 sur les fermes étudiées.

La gestion de l'alimentation du troupeau (types de fourrages utilisés et quantités distribuées, mode de distribution de la ration, quantité de concentrés dans la ration) a été observée et quantifiée auprès de l'ensemble des agriculteurs lors des visites annuelles (environ 4). De plus, chaque éleveur a rempli un calendrier de pâturage (annexe 8) concernant l'ensemble des prairies pâturées par le troupeau laitier. Les éleveurs ont également transmis les dates de fauches et d'interventions (fertilisation, chaulage, intervention mécanique) ayant eu lieu sur l'ensemble des 21 parcelles suivies. Les pratiques de gestion mises en place en préventif et curatif pour la gestion sanitaire des troupeaux ainsi que les données sur les mortalités des animaux ont également été référencées lors de l'enquête dont la méthodologie a été présentée dans le chapitre 2. La gestion de la reproduction, des vêlages et la conduite des veaux

(séparation dès la naissance, veaux sous la mère, mères nourrices) sont également questionnées puisque ces éléments impactent les résultats techniques (la production laitière plus particulièrement).

Indicateurs systémiques

Un bilan fourrager a été effectué, à partir de la réalisation d'une typologie de la végétation de l'ensemble des parcelles des fermes et de l'utilisation d'un outil de diagnostic du système fourrager, DIAM. DIAM est en effet un diagnostic multifonctionnel du système fourrager issu d'une co-construction entre le Développement, la Recherche et les filières fromagères AOP du Massif central (Farruggia et al., 2012). Cet outil permet également d'analyser la cohérence du système fourrager. L'ensemble des données technico-économiques (résultats laitiers, comptabilité par exemple) a été collecté afin d'analyser les performances du système.

1.3. Analyse des liens entre les pratiques de gestion identifiées et les indicateurs de santé des fermes

Des analyses multivariées ont été effectuées sur R (R Core Team, 2014) pour mettre en évidence d'éventuels liens statistiques entre les états de santé mesurés et les pratiques de gestion mises en place. La réalisation de classifications ascendantes hiérarchiques (CAH), à la suite des analyses multivariées, permet de vérifier s'il est possible de faire des groupes de troupeaux ou de parcelles selon les pratiques de gestion et ensuite si la constitution de ces groupes est en lien avec les indicateurs de résultats de santé.

Pour cela, une AFDM (Analyse Factorielle des Données Mixtes) a été effectuée pour les données sur les pratiques de gestion liées à la santé des troupeaux, des sols et des prairies, à l'exception du pôle troupeau pour lequel deux AFDM ont été réalisées : une lorsque le troupeau est en bâtiment et la seconde lorsqu'il pâture.

Les pratiques de gestion ont été utilisées comme des variables actives. Les indicateurs mobilisés dans le chapitre 3 et l'état de santé du pôle pour l'échantillon ont été utilisés (tableaux 17,18,19,20) en tant que variables illustratives. Les résultats de santé mesurés à l'aide des indicateurs académiques étant similaires à ceux mesurés en s'appuyant sur les indicateurs des agriculteurs, seuls les indicateurs académiques ont été retenus par simplicité.

L'ensemble des pratiques retenues pour chaque AFDM est précisé dans le tableau 26.

Tableau 26 : Listes des variables actives retenues dans les quatre AFDM.

Pôle de santé	Variables AFDM										
Santé troupeau bâtiment	Rationnement. (limitation quantité fourrage) Oui/Non	% concentré	Minéraux (oui/non)	Cure de phytothérapie (oui/non)	Parage (oui/non)	Animaux à l'attache (oui/non)	Communication Animale (oui/non)	Reboutage (oui/non)			
Santé troupeau pâture	Type pâturage (tournant rapide, tournant lent, fil avant, fil avant-arrière)	Quantité concentré (kg/VL/J)	Minéraux (oui/non)	Accès pâture (en jours)	Affouragement. quantité (kg/vache/j)	Cure de phytothérapie (oui/non)	Parage (oui/non)	Communication Animale (oui/non)	Reboutage (oui/non)		
Santé prairies	Utilisation (pâturage, fauche, mixte)	Herse (oui/non)	Broyage (oui/non)	Fertilisation UN/ha	Chargement UGB/ha	Type pâturage (tournant rapide, tournant lent, fil avant, fil avant-arrière)	Temps de retour parcelle (jours)	Nombre de jours pâturage	Stade pâturage (feuillu, avant épiaison, variable)	Stade fauche (précoce, tardif)	Nombre de coupes
Santé sols	Utilisation (pâturage, fauche, mixte)	Herse (oui/non)	Broyage (oui/non)	Fertilisation UN/ha	Chargement UGB/ha	Type pâturage (tournant rapide, tournant lent, fil avant, fil avant-arrière)	Stade fauche (précoce, tardif)	Nombre de coupes			

1.4. *Analyse du fonctionnement des systèmes mis en place dans un objectif de santé*

Le chapitre 2, grâce à des enquêtes qualitatives s'intéressant à la vision de la santé des agriculteurs, a permis d'aboutir à des schémas représentant des cadres de santé des fermes, selon les agriculteurs. Ces trois cadres ont été complétés en intégrant les résultats de santé observés sur les fermes, les pratiques de gestions associées, les performances techniques et les indicateurs de cohérence du système pour présenter le fonctionnement de ces systèmes de production. Ces schémas ont également été complétés par les visions du monde des agriculteurs. Une ferme par type a été utilisée pour réaliser ces trois schémas. Il s'agit de dresser une carte du monde de l'agriculteur, permettant de représenter l'ensemble des entités et des éléments décrits ci-dessus, auxquels s'ajoutent les modes de relation - liens logiques entre les entités - définis le plus précisément possible. Ces éléments permettent notamment d'accéder au rapport à la nature des éleveurs. Ce schéma final permet donc de reconstituer la cosmologie de l'agriculteur d'une manière compréhensible pour tout sociologue tout en apportant un regard technico-économique compréhensible pour tout zootechnicien (Article de méthodologie en annexe 2).

2. Résultats : présentation des pratiques de gestion et des choix de fonctionnement de systèmes mis en place dans un objectif de santé

2.1. *Pratiques de gestion et conduites identifiées par la littérature*

2.1.1. Santé des troupeaux

Dans la littérature, les pratiques de gestion associées à la santé du troupeau (vaches laitières notamment) reposent sur la gestion de l'alimentation. En effet l'alimentation est considérée comme étant responsable des deux tiers des problèmes sanitaires tels que les boiteries, mammites, problèmes métaboliques, reproduction (Simon et al., 2016). Plus précisément, la littérature souligne l'importance de maintenir une certaine fibrosité dans la ration des vaches laitières, de veiller à la qualité des fourrages distribués (leur conservation) et de limiter la proportion de concentrés dans la ration (Sauvant et Peyraud, 2010; Commun et al., 2016). Certaines pratiques tels que le parage ou l'utilisation de vermifuges sont également utilisées afin de, respectivement, limiter les boiteries et lutter contre le parasitisme. La gestion du pâturage et notamment les conditions de pâturage (humidité qui favorise le développement larvaire de certains parasites), l'allongement des temps de retour sur une même parcelle constitue un levier pour limiter les problèmes de parasitisme chez les ruminants (Chauvin, 2009).

2.1.2. Santé des prairies et des sols

La fertilisation (quantité), le degré d'utilisation (chargement, nombre de jours et temps de retour pour le pâturage ; nombre de coupes et stade pour les fauches) et le travail du sol affectent la santé des prairies et des sols (Collectif, 2018). La littérature met notamment en avant l'intérêt de limiter le travail du sol, afin de favoriser sa santé (Wezel & Peeters, 2014).

2.2. *Pratiques de gestion et conduites identifiées par les agriculteurs : synthèse à partir des enquêtes*

2.2.1. Santé des troupeaux

Les principales pratiques de gestion mises en place par les agriculteurs pour favoriser la santé du troupeau concernent l'alimentation : « *C'est le premier moyen de prévention* » pour la majorité des éleveurs enquêtés (n= 9). Plus précisément, l'objectif de ces agriculteurs est de « *nourrir les microorganismes du rumen* » de la manière la plus correcte et la plus « *stable* » possible puisqu'ils constituent les éléments clés de la dégradation des fourrages et de la digestion de la ration. Ainsi, selon eux, les fourrages fermentés du fait de leur passage « *dans un milieu anaérobique ne vont plus alimenter correctement la vache en microorganismes* » et qui du fait d'un stade de récolte plus précoce sont rapidement fermentescibles. Cela peut engendrer « *des pics de fermentation* », responsables d'une augmentation de l'acidité du rumen et donc d'une mauvaise valorisation de la ration et avec un risque d'acidose, selon les agriculteurs. Ces derniers vont ainsi mettre en place un rationnement incluant des fourrages secs et fibreux – permettant de réguler le pH du rumen- et en quantité limitée afin que « *les animaux ne puissent pas trier et n'ingèrent pas que les éléments les plus riches* ». En outre, toujours afin de favoriser la stabilité du rumen c'est la même ration qui doit être apportée matin et soir « *avec la fibre en tête de repas* ». Une conduite spécifique de l'alimentation est donc mise en place. Elle se compose d'une distribution de fourrages essentiellement secs, ayant un stade de fauche tardif -afin d'avoir une ration comportant des fibres - et l'instauration d'un rationnement spécifique en limitant la quantité des concentrés et fourrages distribués au cours de deux repas.

Si l'alimentation est le principal levier, d'autres pratiques sont mises en place, en prévention, par les agriculteurs. Les cures basées sur de la phytothérapie (n=4), ou l'utilisation du reboutage (manipulation physique des animaux, n=5). Ainsi en cas de mammites « *la première chose à faire, c'est d'abord de rebouter la vache, c'est-à-dire de détendre ce système musculaire et ligamentaire pour recréer l'influx nerveux, pour que l'information puisse remonter au cerveau, que la vache puisse fabriquer des globules blancs* ». Un éleveur a également recours à des vermifuges pour prévenir les infestations parasitaires. La recherche de « *l'harmonie* », la relation entre l'éleveur et son troupeau est également un élément essentiel pour les agriculteurs enquêtés. Outre le « *comportement [de l'éleveur] qui impacte celui du troupeau* » c'est un lien non quantifiable qui est mis en avant : « *puisque quand l'éleveur est bien le troupeau va bien* ». En outre, du fait de l'intégration d'une dimension psychologique à la santé animale certains éleveurs ont recours à la communication animale (n = 6) pour « *expliquer aux animaux* » leur devenir, « *prévenir des séparations mères-veaux* » où quand l'éleveur ne va pas bien éviter que cela impacte négativement le troupeau : « *je me plante devant mon troupeau et je dis : écoutez si vous sentez qu'il n'il a quelque chose qui ne va pas c'est parce que ... je donne une explication et généralement ça coupe l'effet* ». Cela évite ainsi, selon les agriculteurs, de créer des pathologies supplémentaires aux animaux.

Des éléments concernant la conduite générale du troupeau, tel que le choix d'une race « *rustique* », « *calme* » sont également mis en avant par les éleveurs. Ainsi les races telles que les Ferrandaises, les Vosgiennes, Tarines vont permettre « *de mieux valoriser les prairies* » puisqu'elles « *sont capables de crapahuter et d'aller se nourrir dehors* » tout en « *ne perdant pas en état* » et en maintenant « *une bonne santé* ». Les veaux sont également élevés sous la mère, ou par des vaches nourrices (n = 7 pour l'ensemble des deux conduites) afin de favoriser le bien-être de la vache, et du veau. Grâce à cette conduite les veaux sont « *en meilleur état* » et « *sanitairement ça va bien mieux* ».

2.2.2. Santé des prairies et des sols

Concernant la santé des prairies et des sols, des fauches tardives sont mises en place afin « *de réensemencer naturellement la prairie* » et donc de maintenir sa flore (n=7). Ces fauches tardives sont, pour certains éleveurs, réalisées de manière presque systématique sur l'ensemble des parcelles de fauche (n=3) : « *pour la fauche je recherche du foin fibreux et diversifié, et ce qui est important aussi c'est de bien laisser grainer les plantes pour qu'elles puissent se réensemencer* ». Pour d'autres éleveurs (n=4), le stade de fauche varie d'une année à l'autre afin de concerner la totalité des parcelles fauchées tous les 3 à 5 ans (n=4) : « *faut pas le faire chaque année sur les mêmes parcelles ce foin précoce parce que dès lors que tu fauches précocement, tu ne permets pas à ces légumineuses de l'ombre de s'exprimer [...]. C'est pour ça que cette année on ne va pas la faucher précocement. On essaye d'alterner.* ». De la même manière, des pâturages à des stades tardifs peuvent parfois être mis en place (n=4), mais jamais de manière systématique. La herse va être utilisée par 7 éleveurs, dans des objectifs différents. Cela peut être pour « *amener de la chaleur dans le sol et donc réactiver la vie microbienne* », « *aérer, décompacter* » ou encore « *apporter de l'information, transmettre mon objectif à la prairie comme par exemple avoir plus de légumineuses, avoir une prairie aérée* ». D'autres agriculteurs, au contraire, ne souhaitent pas travailler le sol afin de « *ne pas le perturber* ». La fertilisation, notamment sa limitation ou l'utilisation d'azote organique uniquement (n=5) est également mise en avant par les agriculteurs puisque sinon « *tu gardes une flore qui aime plutôt ça. Sauf que fondamentalement, ton sol il évolue pas dans ce sens là. Tu rentres dans un engrenage où tu es obligé de fertiliser, de chauler pour entretenir ça, sinon ça va pas pousser* ». Les pratiques de fertilisation mises en place permettent donc d'avoir des prairies « *auto fertiles* ».

2.3. Analyse des liens entre les pratiques de gestion identifiées par la littérature et les éleveurs et l'état de santé académique des fermes

2.3.1. Santé des troupeaux au bâtiment

Les liens entre l'occurrence de certaines pratiques et l'état de santé des troupeaux au bâtiment sont traités par une AFDM qui présente une inertie de 42% sur la dimension 1 et de 24% sur la dimension 2, soit une inertie totale de 66%. Cette première AFDM, suivie d'une CAH, montre une répartition des 11 troupeaux en 3 groupes.

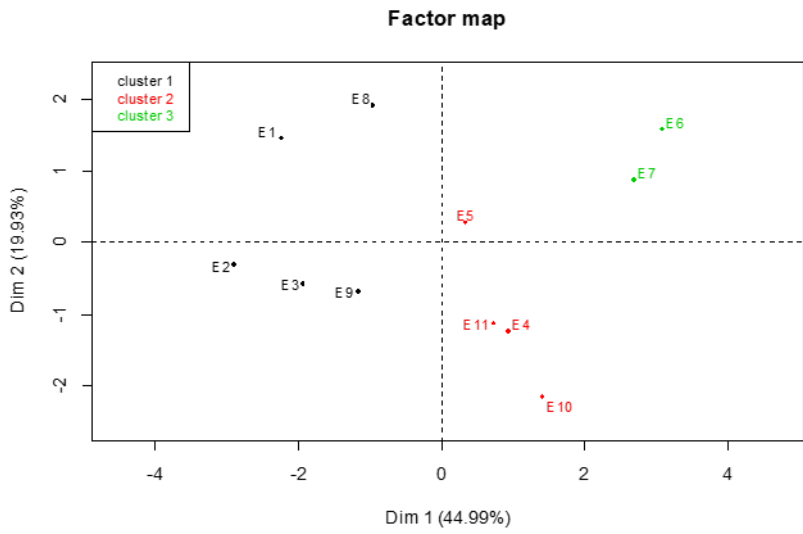


Figure 25, a

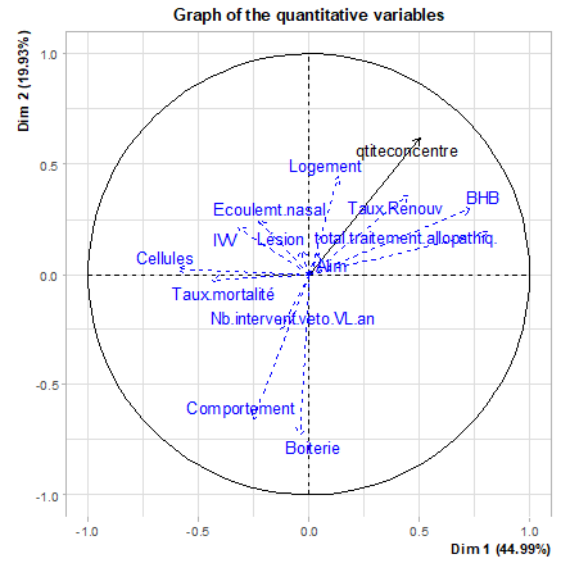


Figure 25, b

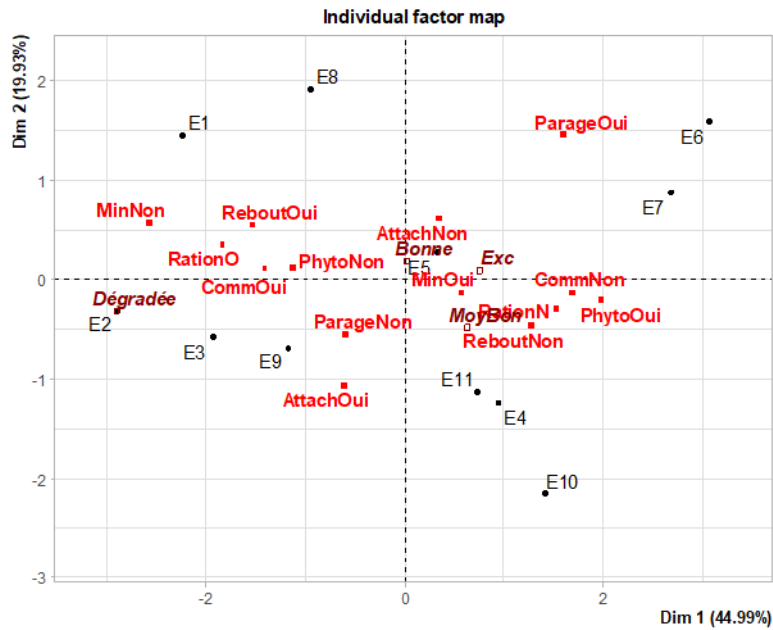


Figure 25, c

Figure 25: graphiques a) des individus, b) des variables quantitatives et c) des variables qualitatives, issus de l'AFDM et de la classification réalisée sur les troupeaux en bâtiment

Tableau 27 : Résultats des variables qualitatives et quantitatives participants à la construction des groupes (issus de la classification hiérarchique) sur les troupeaux en bâtiment

	Modalité	Cla/Mod	Mod/Cla	P value	Variable quantitative	P value
Groupe 1	Obsalim=Oui	100	100	0,002	/	
	Comm. Animale = oui	83,33	100	0,013		
	Phytothérapie = non	71,42	100	0,045		
Groupe 2	Obsalim = non	66,67	100	0,045	/	
Groupe 3	/				BHB	0,020
					Total traitement allopathique	0,014
					Quantité concentré	0,034

Le groupe 1 (n=5) se compose en totalité d'éleveurs qui limitent les quantités de fourrages distribués en donnant la ration en deux repas (variable notée Obsalim dans l'AFDM) et qui utilisent la communication animale (figure 25). De plus, aucun éleveur de ce groupe n'a recours à la phytothérapie sous forme de cures. Le nombre de traitements allopathiques utilisés est également faible (0,18 traitement/vache/an en moyenne pour ce groupe alors que la moyenne de l'échantillon est de 0,42) (tableau 27). De plus, les quantités de BHB mesurées tendent à être plus faibles que pour les deux autres groupes (0,43 mM/L de moyenne pour les troupeaux de ce groupe contre 0,57 pour la moyenne de l'échantillon) témoignant d'un bon état nutritionnel du troupeau, cet indicateur augmentant en cas de cétose donc lorsque les animaux puisent dans leurs réserves corporelles (tableau 27). Toutefois, au sein de ce groupe, les numérations cellulaires du lait de tank (262 000 cellules/ml de lait en moyenne) et le taux de mortalité (4,6% en moyenne) ont tendance à être élevés par rapport au reste de l'échantillon. Cela est dû à un élevage en particulier, E2 qui est le seul élevage de l'échantillon possédant une santé dégradée. La variable d'état de santé « dégradée » est ainsi associée à ce cluster.

Le groupe 2 (n=4) regroupe uniquement des éleveurs qui ne restreignent pas les quantités de fourrages distribués et qui n'utilisent pas la communication animale. Aucun impact significatif sur la variable d'état global de la santé du troupeau n'est observé. La quantité de concentrés dans la ration, est proche de celle de la moyenne de l'échantillon (1,75 kg/vache/jour contre 2 kg en moyenne pour l'échantillon).

Les éleveurs du groupe 3 (n=2) ne restreignent pas les quantités de fourrages distribués, utilisent plus de traitements allopathiques (1,15/traitement/vache/an pour ce groupe en moyenne contre 0,44 pour l'échantillon) et distribuent plus de concentrés (4kg/vache/jour contre 2kg pour l'échantillon) que la moyenne de l'échantillon. Les animaux des éleveurs du groupe 3 ont des taux de BHB (0,907 mmol/L en moyenne pour ce groupe contre 0,571 pour l'échantillon) supérieurs à la moyenne de l'échantillon.

La variable « bonne » de l'état de santé globale du troupeau au bâtiment ne ressort pas statistiquement. En effet, elle se situe au centre de la représentation graphique indiquant que cette modalité est fréquemment rencontrée au sein de l'échantillon et n'est donc pas associée à un groupe en particulier. La variable « MoyBon », correspondant à un état de santé moyen à bon, est associée aux troupeaux des fermes E4 et E5 appartenant au groupe 2. Les deux troupeaux possédant un état de santé excellent n'appartiennent pas au même groupe (groupe 1 pour E9 et groupe 3 pour E7).

2.3.2. Santé des troupeaux au pâturage

Les liens entre la mise en œuvre de certaines pratiques de gestion et l'état de santé des troupeaux au pâturage sont traités par une AFDM qui présente une inertie de 29,8 % sur la dimension 1 et de 17,9 % sur la dimension 2, soit une inertie totale de 48%. Cette AFDM, suivie d'une CAH, montre une répartition des 11 troupeaux en 2 groupes.

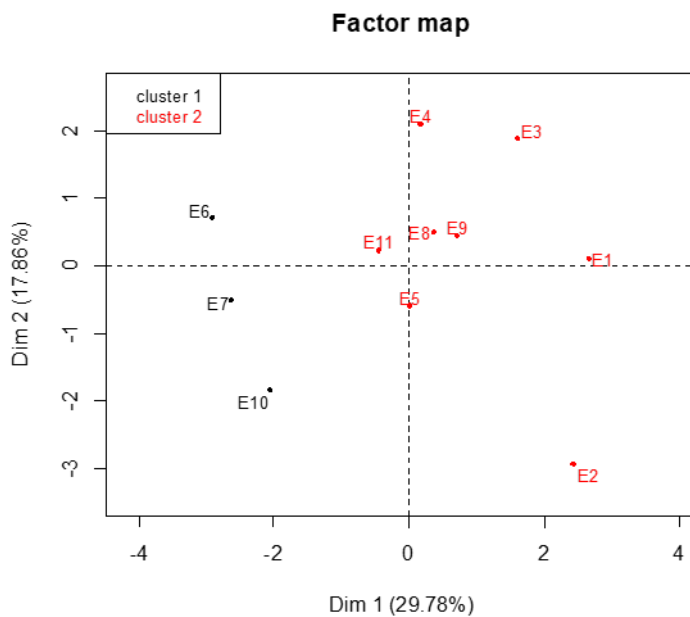


Figure 26, a

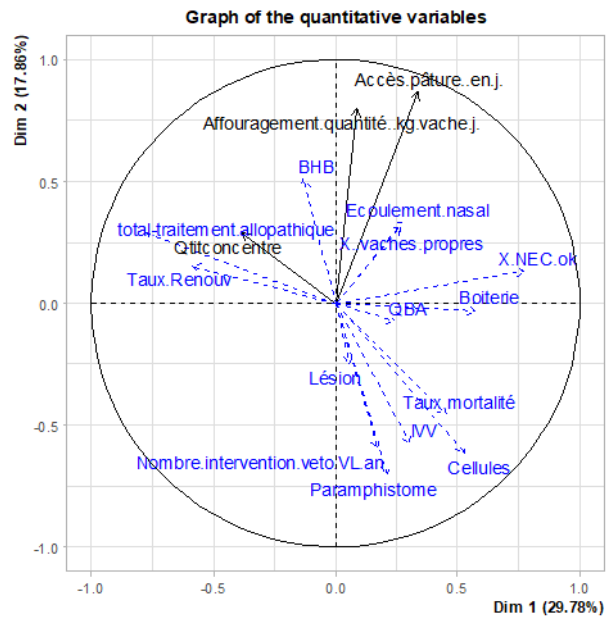


Figure 26, b

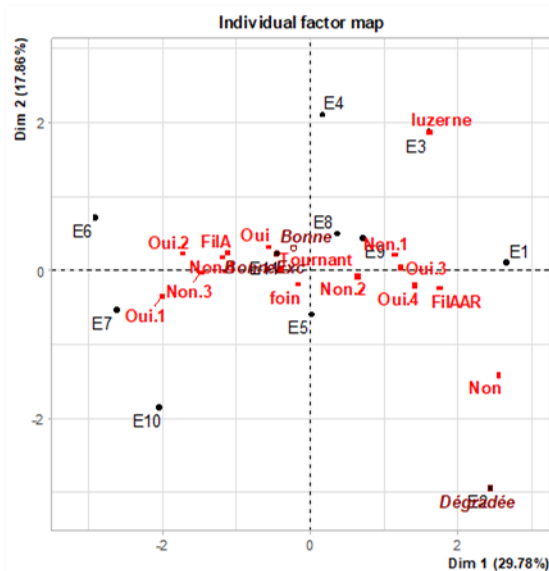


Figure 26, c

Figure 26 : graphiques a) des individus, b) des variables quantitatives et c) des variables qualitatives, issus de l'AFDM et de la classification réalisée sur les troupeaux au pâturage

Tableau 28 : Résultats des variables qualitatives et quantitatives participants à la construction des groupes (issus de la classification hiérarchique) sur les troupeaux au pâturage

	Modalité	Cla/Mod	Mod/Cla	P value	Variable quantitative	P Value
Groupe 1	Phytothérapie = oui	75	100	0,024	Total traitement allopathique	0,042
					% NEC ok	0,016
Groupe 2	Phytothérapie = non	100	87,5	0,024	Total traitement allopathique	0,042
					% NEC ok	0,016

Le groupe 1 (n=3) se caractérise par des éleveurs utilisant la phytothérapie, avec un nombre de traitements allopathiques appliqués plus élevé que la moyenne de l'échantillon (0,89

traitement/vache/an pour ce groupe contre 0,45 pour l'échantillon) et un pourcentage de NEC en adéquation avec le stade de lactation, légèrement plus faible que la moyenne (69 % des animaux ont une NEC en adéquation avec le stade de lactation pour le groupe 1 contre 80% dans l'échantillon) (figure 26). Une tendance, montrant des quantités de concentrés plus élevées pour les éleveurs de ce groupe (3 kg/vache/jour contre 2 kg en moyenne pour l'échantillon) se dégage également (tableau 28).

A l'inverse, le groupe 2 (n=8) se caractérise par l'absence d'utilisation de phytothérapie, un nombre de traitements allopathiques plus faible (0,27 en moyenne contre 0,44 pour l'échantillon) et un pourcentage de NEC en adéquation avec le stade de lactation plus élevé que la moyenne du groupe (en moyenne 85% pour ce groupe contre 80% pour l'échantillon).

L'état de santé global du troupeau au pâturage ne ressort pas dans la construction des clusters. La variable « bonne » de l'état de santé globale du troupeau au pâturage se situe au centre de la représentation graphique indiquant que cette modalité est fréquemment rencontrée au sein de l'échantillon et est commune aux trois groupes. Elle n'est donc pas associée à un groupe en particulier. La variable « excellente » ne concerne que le troupeau de la ferme E11, appartenant au groupe 2.

2.3.3. Santé des prairies

Concernant les prairies, l'AFDM mettant en lien pratiques de gestion et état de santé présente une inertie de 24 % sur la dimension 1 et de 14 % sur la dimension 2, soit une inertie totale de 38%. Cette AFDM, suivie d'une CAH, montre une répartition des 22 parcelles suivies en 3 groupes.

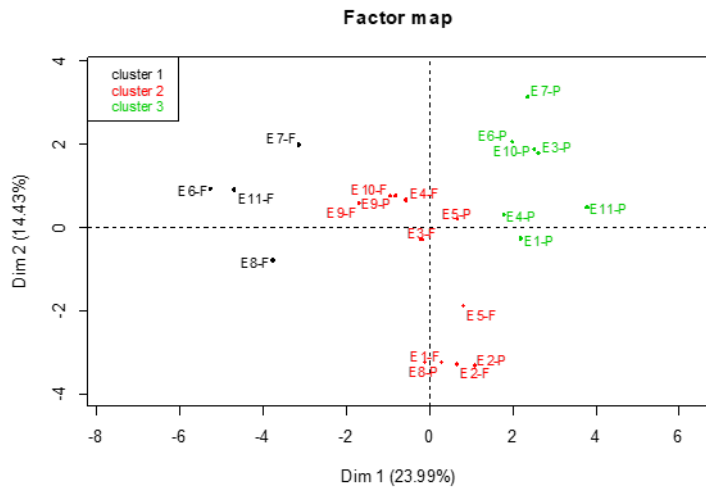


Figure 27, a

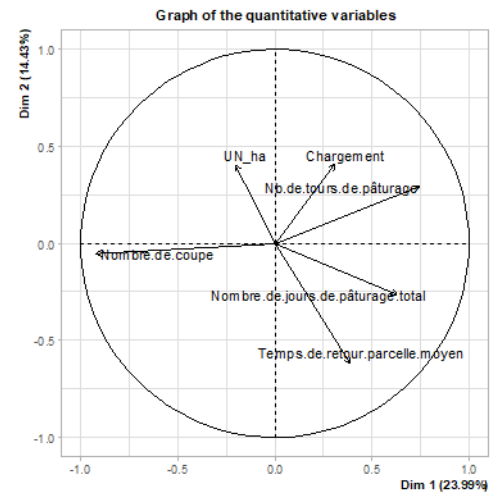


Figure 27, b

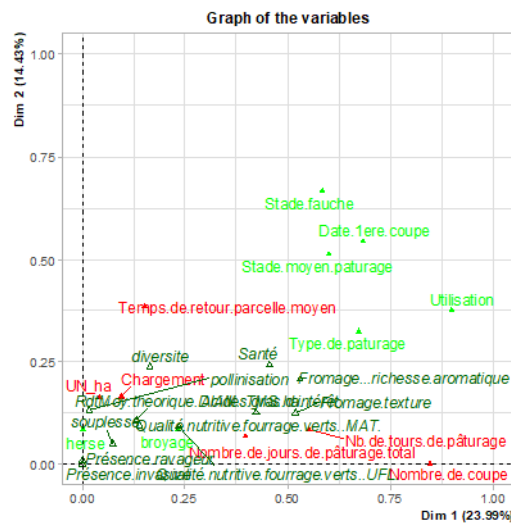


Figure 27, c

Figure 27 : graphiques a) des individus, b) des variables quantitatives et c) des variables qualitatives, issus de l'AFDM et de la classification réalisée sur les prairies

Tableau 29 : Résultats des variables qualitatives et quantitatives participants à la construction des groupes (issus de la classification hiérarchique) sur les prairies

	Modalité	Cla/Mod	Mod/Cla	P value	Variable quantitative	P value
Groupe 1	Utilisation=Fauche	100	100	<0.001	Nombre.de.coupe Nb tours pâturage Nb jours pâturage	<0.001 0,02 0,036
	Richesse aromatique=Faible	60	75	0,25		
	Date.1ere.coupe=mai	100	50	0,026		
Groupe 2	Utilisation = mixte	100	100	<0.01	/	
	Richesse aromatique=Moyenne	87,5	63,63	0,012		
	Présence ravageur=ooui	87,5	54,54	0,034		
	Acides gras intérêt=Faibles	85,7	54,54	0,034		
	Qualité nutritive fourrage verts=UFL Faible	85,7	54,54	0,034		
	Santé=Bonne	14,29	9,09	0,034		
	Qualité nutritive fourrage verts= MAT TB	14,29	9,09	0,034		
	diversité= Faible	0	0	0,018		
	pollinisation = Faible	25	27,27	0,016		
Fromage texture=TB	12,5	9,09	0,012			
Groupe 3	Utilisation= pature	100	100	<0.001	Nombre.de.coupe Nb tours pâturage Chargement	0,002 0,001 0,048
	Fromage texture=TB	87,5	100	<0.001		
	Santé=Bonne	85,7	85,7	<0.001		
	Acides gras intérêt= TB	100	71,4	<0.001		
	Qualité nutritive fourrage verts=UFL Bien	75	85,7	0,002		
	Fromage richesse aromatique=Bien	100	57,1	0,005		
	Qualité nutritive fourrage verts.=MAT TB	71,4	71,4	0,014		

Le groupe 1 (n=4) se caractérise par des parcelles uniquement fauchées avec un nombre de coupes significativement plus élevé (2,75 coupes en moyenne contre 1,2 pour l'échantillon) avec notamment des fauches précoces (date de première coupe en mai pour la moitié des parcelles) et une qualité des produits moyennes, plus particulièrement la richesse aromatique qui est pauvre (note de 1 sur 4) pour 75% des parcelles de ce groupe (figure 27 et tableau 28).

Le groupe 2 (n=11) regroupe les prairies utilisées pour la fauche et la pâture. La qualité des fromages produits à partir de l'exploitation de ces parcelles est moyenne à médiocre (acide gras d'intérêt pauvre -note de 1- richesse aromatique moyenne – note de 2). Les qualités des fourrages sont également faibles à moyennes. En raison de ces faibles qualités des produits fromagers et des fourrages, seule une parcelle a un état de santé qualifié de bon. Les autres parcelles ont des états de santé de dégradés à moyen à bon.

Le groupe 3 (n=7) se caractérise par des prairies uniquement pâturées, avec un nombre de tours de pâturage significativement plus élevé que pour les deux autres groupes (6 tours contre 3,3 en moyenne pour l'échantillon) et possédant un bon état de santé. Ce bon état de santé se traduit notamment par des qualités des produits fromagers (texture, acides gras d'intérêts, richesse aromatique) bonnes à très bonnes (notes de 3-4) ainsi que des fourrages possédant de bonnes qualités nutritives (UFL, unité fourragère laitière, plus particulièrement) (tableau 28).

La variables « BonMoy » de l'état de santé globale semble, vu sa représentation lors de la projection, être associée aux fermes du groupe 2. Un état de santé global dégradé, vu la projection de cette variable, semble concerné les groupes 1 et 2.

2.3.4. Santé des sols

Les liens entre la mise en œuvre de certaines pratiques de gestion et l'état de santé des sols sont traités par une AFDM qui présente une inertie de 22,4 % sur la dimension 1 et de 15 % sur la dimension 2, soit une inertie totale de 37,4%. Cette AFDM, suivie d'une CAH, montre une répartition des 22 parcelles en 2 groupes.

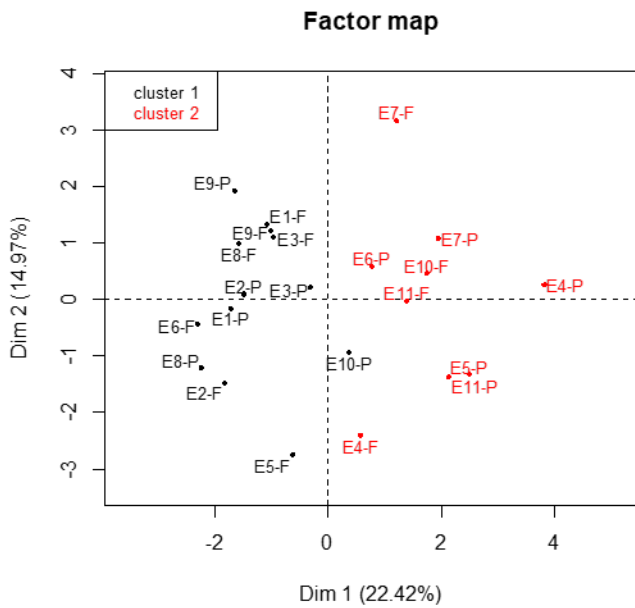


Figure 28, a

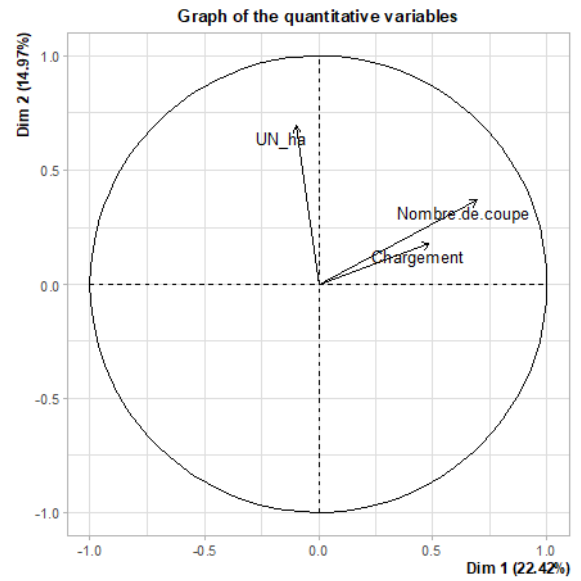


Figure 28, b

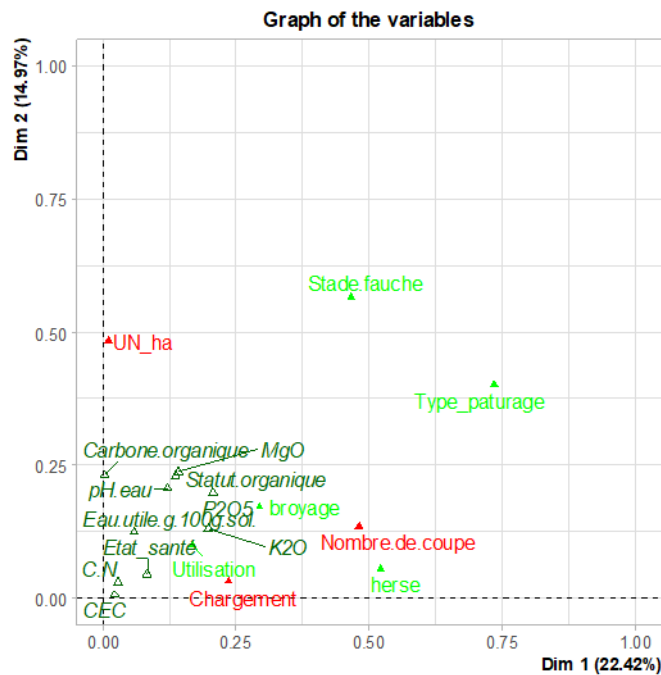


Figure 28, c

Figure 28 : graphiques a) des individus, b) des variables quantitatives et c) des variables qualitatives, issus de l'AFDM et de la classification réalisée sur les sols

Tableau 30 : Résultats des variables qualitative set quantitatives participant à la construction des groupes (issus de la classification hiérarchique) sur les sols

	Modalité	Cla/Mod	Mod/Cla	P value	Variable quantitative	P value
Groupe 1	Herse = oui	87,5	92,3	0,001	Chargement Nombre de coupe	0,035 0,008
	Paturage = fil avant arriere	100	46,2	0,022		
	Sante = bonne	81,8	69,2	0,044		
	Stade fauche = precoc	25	15,4	0,023		
Groupe 2	Herse = non	87,5	77,8	0,001	Chargement Nombre de coupe	0,008 0,035
	Paturage = tournant rapide	100	100	0,004		
	Stade fauche = precoc	75	66,7	0,023		
	Etat de sante = bonne	18,18	22,2	0,044		

Le groupe 1 (n=13) se caractérise par des éleveurs utilisant la herse étrille, un pâturage au fil avant et arrière avec un chargement plus faible (8,6 UGB/ha) que la moyenne (18,1 UGB/ha) de l'échantillon (figure 28 et tableau 3à). Les fauches sont moins nombreuses (0,77 contre 1,2 en moyenne pour l'échantillon) et essentiellement tardives. De plus, les parcelles de ce groupe possèdent un état de santé bon.

A l'inverse, le groupe 2 (n=9) se caractérise par l'absence d'utilisation de la herse étrille, la mise en place d'un pâturage tournant rapide avec un chargement plus élevé (31,9 UGB/ha contre 18,1 UGB/ha pour l'échantillon ne moyenne). Les fauches sont essentiellement précoces. Un état de santé excellent tend également à se dégager au sein de groupe (tableau 30).

2.4. Analyse du fonctionnement du système : la cohérence du système, en faveur de la santé de la ferme

L'analyse du fonctionnement des fermes et de leur cohérence (adéquation entre les objectifs, les pratiques de gestion et les résultats observés) dans une approche de santé s'appuie sur 3 exemples de fermes issues de l'échantillon : une par type de cadre de santé identifié dans le chapitre 2. Ces trois exemples (E4, E6, E1, respectivement) sont développés dans les figures 29, 30, 31.

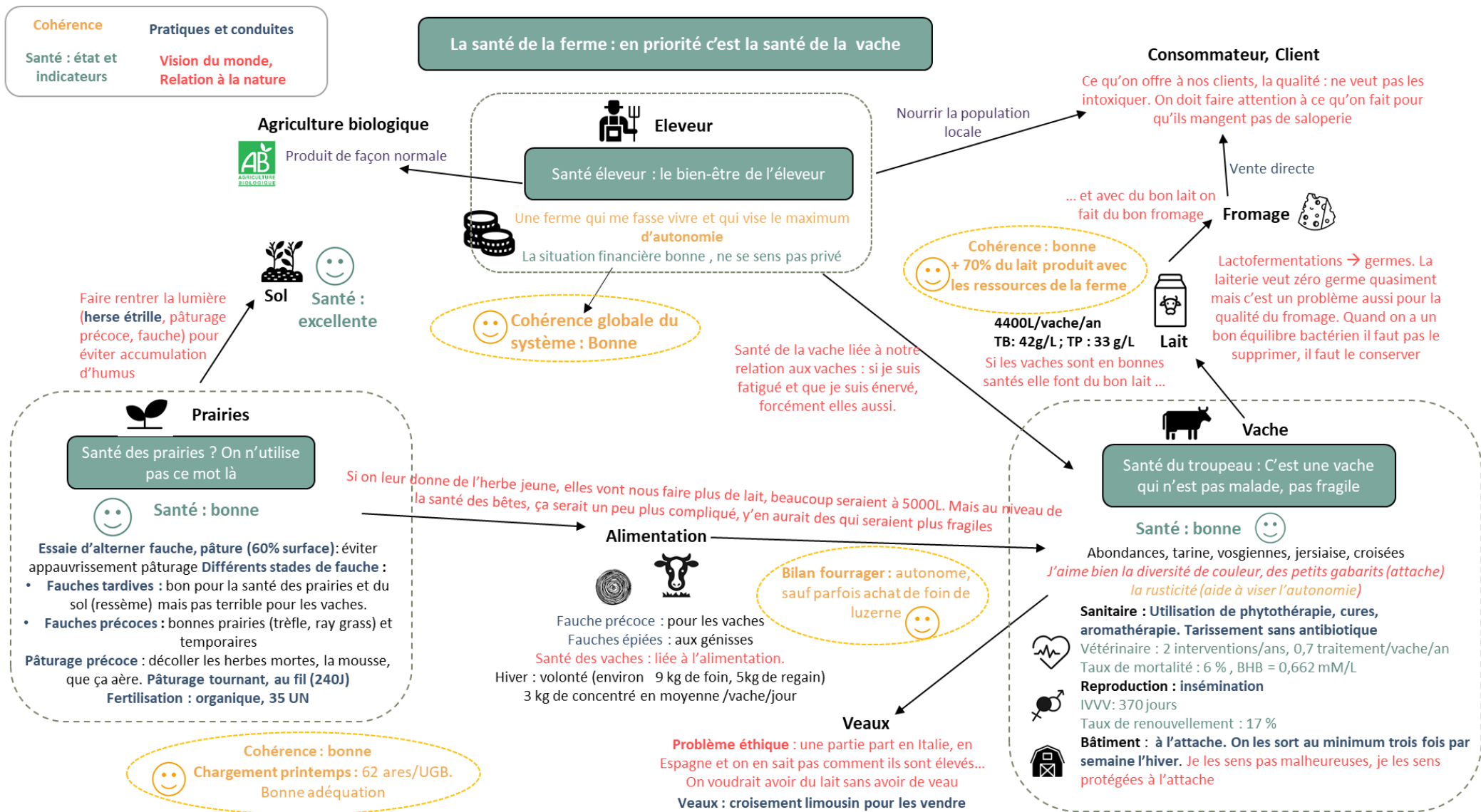


Figure 29 : analyse de la cohérence de la ferme E4, appartenant au type 1

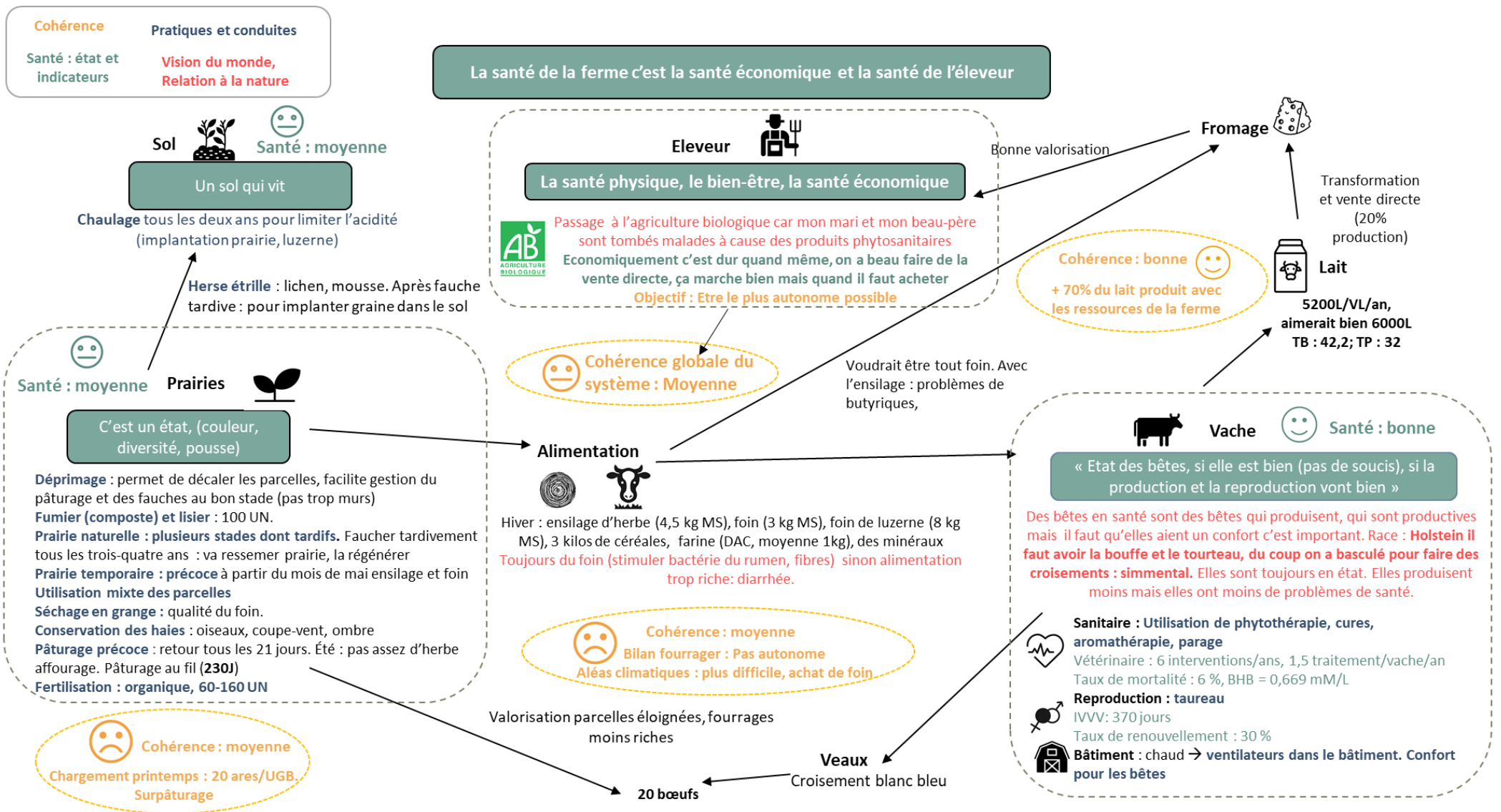


Figure 30 : analyse de la cohérence de la ferme E6 appartenant au type 2

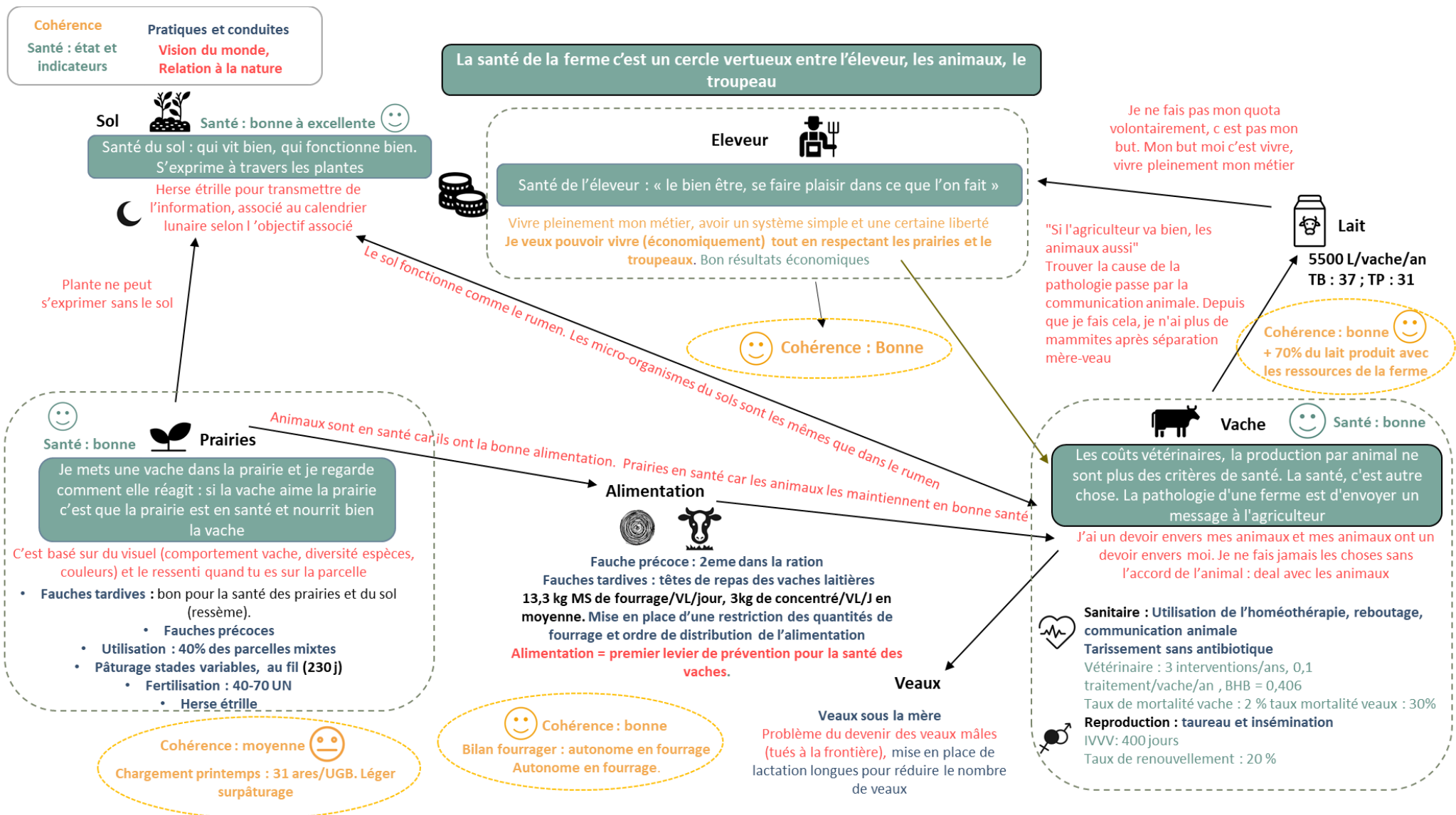


Figure 31 : analyse de la cohérence de la ferme E1 appartenant au type 3

L'éleveur de la première ferme étudiée, appartenant au type 1 (figure 29), souhaite mettre en place un système qui le « *fasse vivre* », c'est-à-dire qui lui permette de gagner sa vie, et qui « *soit autonome* », notamment en production fromagère. Il cherche, avec son associé, à favoriser la santé animale, qui constitue leur « *priorité* » et à « *nourrir la population locale* ».

Il s'agit d'une ferme conduite en agriculture biologique et possédant un troupeau de 19 vaches laitières et avec une production moyenne de 4400 L/vache/an. L'alimentation est fondée sur de l'herbe (pâturage, foin et regain). Sur cette ferme, plusieurs pratiques de gestion sont mises en place pour atteindre l'autonomie fourragère et alimentaire. Les 44 ha de prairies mis à disposition du troupeau, soit par du pâturage soit grâce à des fauches, sont ainsi en adéquation avec la taille du troupeau. De plus, pour ces deux associés, avoir des vaches de races rustiques (Tarine, Vosgienne) favorise cette autonomie grâce à une meilleure valorisation des parcelles au pâturage. Une partie des céréales distribuées aux vaches laitières (3kg de concentré sont distribués en moyenne par vache et par jour) est produite sur la ferme grâce à 8 ha de cultures. Cette production n'est cependant pas suffisante, des achats de tourteau sont ainsi effectués mais cela « *pose un problème éthique, [l'agriculteur n'est] pas trop à l'aise avec ça* ». La santé animale, définie comme « *une vache qui n'est pas malade, pas fragile* » constitue une « *finalité* » importante. Plusieurs pratiques de gestion et conduites sont mises en place afin de la favoriser. L'alimentation est le premier levier utilisé pour favoriser la santé animale, notamment par la mise en place de fauches précoces, mais toujours sous forme de foin. En effet, l'ensilage ou l'enrubannage correspondent à des stades encore plus précoces, ce qui favorise la production laitière mais risque de fragiliser les animaux pour cet éleveur. L'utilisation de la phytothérapie et de cures de minéraux complète les pratiques préventives. Ainsi, le nombre de traitements allopathiques (0,7 traitement par vache par an) et d'interventions vétérinaires (2 sur le troupeau laitier soit 0,1 par vache par an) sont faibles. La santé des vaches est directement liée au lait et au fromage puisque « *si les vaches sont en bonne santé elles font du bon lait et avec du bon lait on fait du bon fromage* » et au consommateur. C'est ainsi la responsabilité de l'éleveur de « *faire attention à ce qu'on fait pour que [les clients] mangent pas de saloperie* ». Les fromages sont vendus en vente directe, dans un rayon de 50 km autour de la ferme, permettant de faire vivre ces éleveurs grâce à une bonne valorisation économique (« *on ne se sent pas privé, on gagne plus que le voisin* ») tout en alimentant la population locale comme souhaité par les deux éleveurs.

Même si les santé des prairies et des sols ne sont pas définies par ces deux éleveurs et ne constituent pas une « *finalité* », certaines pratiques sont mises en place afin de les favoriser. Ainsi, l'alternance de la fauche et de la pâture au sein d'une même parcelle permet « *d'éviter l'appauvrissement de la diversité dû à un pâturage précoce* ». La mise en place de fauches tardives permet de laisser la prairie se réensemencer alors que le pâturage précoce permet de gérer les « *herbes mortes* ».

Ainsi le fonctionnement du système actuel répond aux finalités de la ferme et de favorise la santé de celle-ci. En effet, pour l'ensemble des pôles (troupeau, prairies et sols), les états de santé sont qualifiés de « *bons* » voire « *d'excellents* », selon la méthodologie d'analyse mise en place dans le chapitre 3. L'étude du fonctionnement du système démontre une bonne cohérence globale puisque l'autonomie fourragère est régulièrement atteinte, « *à l'exceptions de quelques années ou les aléas climatiques sont plus fréquents* ». De plus, le chargement au printemps est cohérent, et plus de 70% de lait est produit à partir des ressources de la ferme. La limitation de l'achat de fourrages et d'aliments en s'appuyant sur les ressources de la ferme ainsi que la vente directe de fromage, au prix fixé par les agriculteurs, participent à la rentabilité économique recherchée par ces agriculteurs. Les bénéfices sont réinvestis dans la ferme afin « *d'améliorer l'outil de travail* » avec par exemple la volonté de construire un nouveau laboratoire de transformation sur le site de la ferme. Par ailleurs, la dimension éthique est particulièrement développée au sein de cette ferme, à travers des produits laitiers de qualité vendus localement, une production laitière basée sur des fourrages issus de la ferme, et une inquiétude

concernant le devenir des veaux mâles « *une partie part en Italie, en Espagne et on ne sait pas comment ils sont élevés...ça me pose un problème* »

Dans l'exemple du GAEC (4 associés) appartenant au 2eme type (figure 30), les éleveurs cherchent « *à être le plus autonome possible* » en fourrages afin de nourrir le troupeau de 80 vaches laitières avec une production moyenne de 5200L/Vache/an. L'objectif est aussi d'améliorer la rentabilité économique. La santé de l'éleveur (physique, bien-être) et la « *santé économique* » constituent ainsi des éléments essentiels. L'agricultrice interrogée explique que la ferme est désormais conduite en agriculture biologique car son « *mari et [son] beau-père sont tombés malades à cause des produits phytosanitaires* ». Afin de favoriser la rentabilité économique, une partie du lait est transformée en fromage et vendu directement aux consommateurs. Bien que la vente directe « *marche bien, économiquement c'est dur quand même quand il faut acheter* ».

L'alimentation est basée sur de l'herbe (pâturage, ensilage, enrubannage, foin et regain), du foin de luzerne et 4 kg de concentrés par vache par jour en moyenne. Une partie de concentrés est produite sur la ferme mais des achats sont également effectués. Les agriculteurs de ce GAEC souhaitent ainsi « *recupérer quelques terres supplémentaires* » pour améliorer l'autonomie de la ferme.

L'alimentation du troupeau est un levier utilisé pour favoriser la santé animale, définie comme un état des bêtes, une bonne production et une bonne reproduction. L'état de santé du troupeau de cette ferme est qualifié de bon. Cette éleveuse distribue systématiquement quelques kilos de foin, y compris au pâturage afin de contrebalancer une alimentation riche dû à des fourrages jeunes qui permettent de « *produire du lait* » mais déséquilibrent les animaux qui font des diarrhées. Le choix d'intégrer la race Simmental dans le troupeau permet, pour cette éleveuse, d'avoir des vaches en meilleur état. Si celles si produisent un peu moins que la race Prim'Holstein, elles ont une meilleure santé. La santé animale est favorisée grâce à l'utilisation de phytothérapie, d'aromathérapie et de parage. Ainsi, 6 interventions vétérinaires sont répertoriées en moyenne sur une année (soit 0,1 intervention par vache par an). En revanche une moyenne de 1,5 traitement par vache est administré chaque année, ce qui est supérieur au nombre moyen de traitement généralement rencontré sur les fermes en agriculture biologique. Les autres indicateurs de santé (reproduction, alimentation bâtiment, boiteries...) sont par contre satisfaisants.

La santé des prairies est un état caractérisé par des indicateurs comme sa couleur, sa diversité, sa pousse. Une prairie en bonne santé est alors une prairie diversifiée et productive. Si certaines pratiques sont mises en place pour favoriser la santé des prairies, notamment des fauches à plusieurs stades dont tardif afin de régénérer les prairies, leur santé est qualifiée de moyenne. Un manque d'adéquation entre les surfaces prairiales à disposition des vaches laitières et la taille du troupeau entraîne un surpâturage qui semble être responsable de cette diminution de la santé des prairies. L'autonomie fourragère étant difficile à atteindre sur cette ferme, l'éleveur souhaite augmenter le rendement de ses prairies, ce qui se traduit par une intensification de l'utilisation avec un nombre de coupes élevé (jusqu'à 3) et des passages d'animaux plus fréquents (4 à 6 en plus du déprimage). Certaines pratiques telle que la fertilisation (100 UN en moyenne en plus des apports au pâturage) et le travail du sol à la herse - pour limiter le développement de mousses et lichen - sont également mises en place pour favoriser la production, en quantité et qualité. Cette surexploitation des parcelles impacte également la santé du sol, en l'appauvrissant notamment en matière organique et avec une fertilité faible. La santé du sol, définie comme un sol qui vit, est alors moyenne.

Le bilan fourrager est régulièrement négatif, d'autant plus que la fréquence des aléas climatiques augmente et entraîne des répercussions économiques sur la ferme, comme le souligne l'agricultrice. Malgré cet achat de fourrage, et d'une partie des aliments distribués aux vaches laitières plus de 70% du lait est produit à partir des ressources de la ferme. L'étude du fonctionnement du système démontre une

cohérence globale moyenne puisqu'un bilan fourrager négatif, un surpâturage des parcelles dû à une inadéquation entre troupeau et surface fourragère est observé. La santé de cette ferme est globalement moyenne puisque les états de santé des sols et des prairies sont moyens et celui du troupeau bon.

L'agriculteur dont la ferme étudiée appartient au type 3 (figure 31) cherche à « *vivre pleinement de son métier, avoir un système simple* » et qui « *respecte les prairies et le troupeau* ». La santé de la ferme correspond alors à un « *cercle vertueux entre l'éleveur, les animaux, le troupeau* ». Atteindre l'autonomie « *fourragère et décisionnelle* » est également un objectif fixé par cet agriculteur.

Cette ferme est conduite en agriculture biologique et possède un troupeau constitué de 40 vaches laitières ayant une production moyenne, à destination de la laiterie, de 5500L/vache par an. L'alimentation est basée sur de l'herbe (pâturage, foin et regain), 3kg de concentrés par vache par jour. Sur cette ferme plusieurs pratiques de gestion sont mises en place pour atteindre l'autonomie fourragère et alimentaire. Les 50 ha de prairies, associés à une gestion de l'alimentation qui restreint les quantités de fourrages en hiver et une gestion du pâturage au fil permettent d'optimiser l'utilisation et de favoriser l'autonomie fourragère.

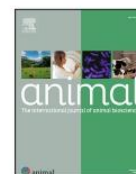
Cette restriction des quantités distribuées est associée à un ordre de distribution des fourrages. Les fourrages fibreux sont distribués en tête de repas afin de favoriser la stabilité du rumen et la santé animale. Cette dernière est également favorisée par certaines pratiques comme le choix d'une race calme et sereine (race Normande), l'utilisation de la communication animale, et une relation forte avec l'éleveur, ainsi « *si l'agriculteur va bien, les animaux aussi* ». Cet agriculteur souhaitant avoir un système qui respecte le troupeau, il « *met en place des deals* » avec ses animaux ou encore les prévient lors de la séparation des mères et des veaux. Ce changement de regard porté aux animaux se traduit par une définition de la santé animale qui intègre une dimension psychologique et ne correspond plus à une évaluation par « *les coûts vétérinaires, la production par animal* ». « *La santé animale c'est autre chose* ». Le changement de regard sur la santé n'engendre pas de diminution de son état puisque celui-ci est qualifié de bon par l'évaluation académique. Peu de traitements par vache et par an (0,1) et peu d'interventions vétérinaires (3 par an soit 0,1 par animal) sont observés sur cette ferme. La santé animale est liée à celle des prairies : « *les animaux sont en santé car ils ont une bonne alimentation et les prairies sont en santé car les animaux les maintiennent en bonne santé* ». Cette santé est évaluée par « *l'observation de la vache : « si la vache aime la prairie c'est que la prairie est en bonne santé et nourrit bien la vache* ». La mise en place de fauches à différents stades sur les prairies permet de favoriser leur santé (fauches tardives plus particulièrement) tout en offrant l'alimentation nécessaire aux vaches. La santé des sols est en appui à celle des prairies et se définit par un sol qui vit bien, fonctionne bien. La herse étrille utilisée pour favoriser la santé des prairies et des sols et notamment « *transmettre de l'information et indiquer aux parcelles ce que [l'éleveur] en attend* ». Les sols sont également liés directement au troupeau du fait de microorganismes communs entre ces deux pôles. L'agriculteur est satisfait de son bien-être au travail et notamment des résultats économiques « *qui ne sont pas problème* ». En effet, le rapport EBE/produit de 44% témoigne de cette rentabilité.

L'étude du fonctionnement du système démontre une bonne cohérence globale, malgré un léger surpâturage des prairies avec notamment une ferme autonome en fourrage et plus de 70% du lait produit à partir des ressources de la ferme. Cette ferme possède des états de santé du troupeau, des prairies et du sol qui sont qualifiés de bons.

Ces trois exemples indiquent que lorsque l'ensemble du système a un fonctionnement cohérent (exemple de la bonne adéquation du chargement des animaux au pâturage) alors la santé de l'ensemble des trois pôles (troupeau, prairies, sol) est bonne.

3. Analyse d'une pratique de gestion de l'alimentation : effet de la limitation en quantité et temps d'accès des fourrages distribués sur les performances de production et l'état nutritionnel des animaux : mise en expérimentation

L'analyse des pratiques de gestion a montré qu'une gestion particulière de l'alimentation consistant à limiter les quantités de fourrages au sein de deux repas est développée sur le terrain, dans un objectif de santé du troupeau. Cette pratique n'étant pas étudiée par la littérature scientifique elle a été mise en expérimentation afin d'évaluer ses effets.



Effects of forage quantity and access-time restriction on feeding behaviour, feed efficiency, nutritional status, and dairy performance of dairy cows fed indoors



M. Cremlieux^{a,*}, M. Coppa^b, M. Bouchon^b, L. Delaby^c, G. Beaufre^d, I. Constant^a, A. Natalello^e, B. Martin^a, A. Michaud^a

^a Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

^b HerbiPôle, INRAE, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

^c INRAE, Institut Agro, Physiologie, Environnement, Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Elevage, 35590 Saint Gilles, France

^d Facilitator for the Nonprofit 'Association Eleveurs Autrement', 63820 Laqueuille, France

^e Department of Agriculture, Food and Environment (Di3A), University of Catania, Via Valdisavoia 5, 95123 Catania, Italy

ARTICLE INFO

Article history:

Received 17 December 2021

Revised 5 July 2022

Accepted 11 July 2022

Keywords:

Feed self-sufficiency

Feeding costs

Indoor feeding

Milk production

Time-restricted feeding

ABSTRACT

Optimising feed is a key challenge for dairy livestock systems, as forage stock shortages are increasingly frequent and feed is the biggest operating cost. The aim of this experiment was to evaluate the effects of reducing forage quantity and access time on dairy performance and animal nutritional status during indoor feeding. Twenty-seven Montbéliarde and Holstein cows were randomly allocated to three groups of nine cows balanced by breed, parity, days in milk, and milk yield. The three groups were given 3.9 kg DM/day of second-cut hay and 4.5 kg/day of concentrate and either i) *ad libitum* access to first-cut hay (*Ad Libitum* group; **AL**), ii) 10.5 kg/day of first-cut hay (Quantity-restricted group; **QR**), or iii) 10.5 kg/day of first-cut hay but with access time restricted to only 2 h in the morning and 2 h in the afternoon (Quantity-and-Time-restricted group; **QTR**). Milk yield, composition and coagulation properties, cow nutritional status (weight, body condition score, blood metabolites) and cow activities were recorded. The AL group ingested 10 % more feed than the QR group and 16 % more feed than the QTR group. Organic matter digestibility was lower in the AL group than in the QR and QTR groups whereas feed efficiency did not differ. Milk yield was not significantly different among the three groups. Compared to the QR and QTR groups, the AL group had significantly higher milk fat (35.9 vs 32.9 and 32.8 g/kg of milk) and milk protein content (29.5 vs 27.7 and 28.5 g/kg of milk). QR and QTR cows mobilised their body fat, resulting in a lower final body condition score, and tended to have a lower blood non-esterified fatty acid concentration than the AL group. QTR cows showed greater body fat mobilisation, but their final corrected BW was not different from AL cows. Access-time restriction did not impact fat and protein content but led to decreased casein, lactose contents and casein-to-whey protein ratio. The forage savings achieved through this feed management practice could prove economically substantial when forage prices increase. This practice can be of interest in grassland systems to overcome certain climatic hazards without having to resort to purchases or to increase the farm's forage autonomy.

© 2022 The Authors. Published by Elsevier B.V. on behalf of The Animal Consortium. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Implications

Feed is the biggest operating cost in livestock and can become a critical factor in the event of forage stock shortage. Compared to *ad libitum* feeding, reducing forage quantities given to dairy cows by 2.2 kg/d for 9 weeks has no significant effect on milk yield and BW but decreases milk fat and protein contents as well as

energy-corrected milk. However, the forage savings achieved to compensate for the economic losses due to decreased performance, making it a potentially economically meaningful practice option for farmers. Additional access-time restriction to feed seems to have limited interest in terms of animal performances.

Introduction

Low-input dairy systems base their economic efficiency on keeping production costs low. Achieving forage self-sufficiency is

* Corresponding author.

E-mail address: maeva.cremilleux@vetagro-sup.fr (M. Cremlieux).

<https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100608>

1751-7311/© 2022 The Authors. Published by Elsevier B.V. on behalf of The Animal Consortium.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

a major challenge (Lebacqz et al., 2015) to gain resilience in a context of increasingly frequent climatic hazards that put pressure on ruminant feeding systems, especially in low-input and grass-based systems. Optimising feed is key, as feed costs, which account for half of the total dairy-farm operating costs (European Commission, 2018), are significantly increased when forage has to be purchased.

At farm scale, feeding costs can be reduced long term via strategies such as lower age at first calving, increased productive lifespan, and improved genetics (Vandehaar, 1998). In the event of dramatic forage stock shortages, some farmers respond in the short term by selling off some animals or, more likely, by trying to economise some of the forage supplied daily to their cows by limiting refusals and waste and by improving feed efficiency. Farmers who try to improve feed efficiency instead of trying to maximise productivity per animal are looking to find a compromise between average herd output, animal health, reproduction and milk quality. Feeding systems for dairy cows (NRC, 2001; Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), 2018) may help farmers limit the amount of forage distributed, as they no longer aim for maximum productivity per animal. The systems describe animal production responses around the recommendations for energy and protein supply by increasing feed-conversion efficiency and addressing other issues like health, environment, milk composition, and so on. Nevertheless, feeding systems are still based on maximisation of forage intake, which will not solve problem of forage shortages.

Beyond feeding optimisation, some authors have also investigated the effects of long-period DM Intake (DMI) restriction on animal responses, but the focus has mainly been on concentrate reduction (Coulon et al., 1996). Forage restriction has been relatively under-researched. Studies have found that 13% and 20% restrictions of DMI decreased daily Energy-Corrected Milk (ECM) output by 2 kg and 3 kg, respectively (Ben Meir et al., 2019; Hervé et al., 2019). However, limiting forage intake often improves digestibility (Zanton and Heinrichs, 2008) and can increase nutrient conversion efficiency for milk yield (Ben Meir et al., 2019). Feed efficiency can also be improved at animal level by targeted feed adaptation for less-efficient cows. According to Fischer et al. (2020), restricting feed quantity (with a diet based on corn silage and concentrate) given to less-efficient cows (a 2.7-kg decrease in DMI) and the most-efficient cows (a 0.8-kg decrease in DMI) had no impact on milk and ECM yields.

Some dairy farmers not only limit the quantity of forage and concentrate but also restrict access to feed to only two rations per day. They argue that restricting both feed quantity and access time ensures all cows are fed the same way, in contrast to *ad libitum* systems where cows can select their preferred feedstuffs, resulting in differences in nutritional intakes and therefore in feed efficiency. Farmers report beneficial effects of feed restriction on milk yield, milk cheesemaking properties and animal nutritional status (Cremilleux et al., 2020). Cavallini et al. (2018) studied a time-limited feeding strategy and found that it increased milk efficiency (ECM kg/DMI kg) without decreasing BW. Manzocchi et al. (2019) compared pasture-based diets without conserved-forage supplements and found that limiting grazing time had no impact on milk yield and milk coagulation properties but decreased milk protein and casein contents. However, as far as we know, there has been no effort to investigate the effects of feed-quantity restriction in tandem with access-time restriction on dairy cow performance and milk cheesemaking ability.

The aim of this experiment was to evaluate the effect of restricting forage quantity versus *ad libitum* feeding and in tandem with restricting access time to feed on dairy performance, milk cheesemaking ability, and animal nutritional status. We posited that limited access time to feed (2 h/meal) could increase feed efficiency compared to a single quantitative restriction (amount of forage

only) due to an increase in digestibility, with the outcome that milk output and animal nutritional status would be only marginally affected under both feeding and access-time restrictions compared to *ad libitum* feeding.

Material and methods

The experiment was carried out from 6 January to 19 March 2020 at the INRAE's Herbipôle research facility in Marcenat, France (doi.org/10.15454/1.5572318050509348E12; 45°15'N, 2°55').

Experimental design, animals and diet

The experiment consisted in comparing animal performances and milk quality of three groups of nine cows fed either with i) hay distributed *Ad Libitum* (control group; **AL**), or ii) hay distributed in limited quantities without restricted access time to feed (Quantity-Restricted group; **QR**), or iii) hay distributed in limited quantities and with restricted access time to feed (Quantity-and-Time-Restricted group; **QTR**). The experiment used 16 Holstein and 11 Montbéliarde dairy cows, housed in a pen equipped with freestalls and individual troughs with feeding barriers. During a pre-experimental period of 16 days, all cows were fed the same diet consisting of first-cut hay (7.8% CP, 67.3% NDF, 37.6% ADF, 54.4% Organic Matter (OM) digestibility) provided *ad libitum* plus 3.9 kg DM/day of second-cut hay (9.8% CP, 58.5% NDF, 32.1% ADF, 61.8% OM digestibility), 4.5 kg DM/day of a commercial concentrate (17.9% CP, 23.4% NDF, 10.1% ADF, 80.2% OM digestibility) and 200 g of commercial minerals (Galaphos® Axion Repo, Deltavit, Janzé, France). At the end of the pre-experimental period, the cows were randomly allocated into three groups balanced by breed, parity, days in milk and milk yield (Table 1). Then, for a 9-week experimental period, AL cows were fed the first-cut hay provided *ad libitum* whereas QR cows were fed up to 10.5 kg DM/day of the first-cut hay and QTR cows were fed up to 10.5 kg DM/day of first-cut hay but with access to the whole diet restricted to 0800 h–1000 h and 1600 h–1800 h while tied up and without access to the trough between these meals. All cows from all three groups were also provided 3.9 kg DM/d of second-cut hay and 4.5 kg DM/day of commercial concentrate (Table 1). Second-cut hay was distributed 20 min after first-cut hay, and concentrates and minerals were distributed 10 min after the second-cut hay. Forages, concentrates and minerals were distributed half between 0800 and 0830 h and half between 1600 and 1630 h, for AL and QTR cows. QR cows received two-third of both forages between 0800 and 0830 h and the remaining one-third between 1600 h and 1630 h to enable the cows to eat as much as they wanted during the day. For AL cows, quantity of first-cut hay distributed was readjusted each week to maintain 10% refusals of the whole diet (within 5–15% tolerance bounds). All cows had free access to water and were milked at 0630 h and 1530 h in a 2 × 14 herring-bone milking parlour where milk yield was recorded automatically at each milking. Individual daily forage intake was measured on two consecutive days per week as the difference between on-day feed offered and the next morning's refusals, giving a total of 18 days of measurement per animal during the experimental period.

Sampling and analysis

Diet

Every week, samples of offered hay (first-cut and second-cut), refused hay and concentrate were collected, dried and ground through a 1-mm screen. Samples from weeks 1 to 3, 4 to 6 and 7 to 9 were pooled for analysis. Samples were analysed for OM

Table 1

Characteristics of the cows and the theoretical diet according to treatment. Treatments consisted in dairy cows fed 3.9 kg DM/day of second-cut hay and 4.5 kg/day of concentrate and 1st cut hay provided *Ad Libitum* (AL) or at 10.5 kg DM/day without (Quantitative Restriction – QR) or with (Quantitative and Time Restriction – QTR) restricted access to feed (two meals of 2 h each). Milk production correspond to the average (\pm SD) observed during the pre-experimental period.

Item	AL		QR		QTR	
Breed	6 Holstein 3 Montbéliardes		5 Holstein 4 Montbéliardes		5 Holstein 4 Montbéliardes	
Parity	6 multiparous 3 primiparous		6 multiparous 3 primiparous		6 multiparous 3 primiparous	
Days in milk (days)	82 \pm 26		100 \pm 42		88 \pm 27	
Milk production (kg/day)	21.1 \pm 3.6		21.2 \pm 6.7		21.0 \pm 4.3	
	Morning	Evening	Morning	Evening	Morning	Evening
1st cut (kg; DM; animal \times day)	<i>Ad libitum</i>		<i>Ad libitum</i>		<i>Ad libitum</i>	
2nd cut (kg; DM; animal \times day)	2.0		2.0		2.0	
Concentrate (kg; DM; animal \times day)	2.25		2.25		2.25	
Access	Permanent access to feeder		Permanent access to feeder		Access to feeder 2 h in the morning and 2 h in the evening. Animals tied up	

determination by calculating the difference between DM and ash obtained by oven-drying at 550 °C for 6 h (EN ISO 5984:2014). Nitrogen was determined using the Dumas Method by combustion (EN ISO 16334-1:2018) with an Elementar Rapid N Cube model 194 (Elementar France, Lyon, France). The resulting nitrogen value was multiplied by 6.25 to calculate CP content. NDF and ADF contents were analysed using the Van Soest method (Van Soest et al., 1991; EN ISO 16472:2006). Nutritive values of the feedstuff and the diet were calculated according to INRA (2018), where Milk Forage Unit (MFU) is net energy requirements for lactation (NEMilk) produced by 1 kg of reference barley and is equivalent to 7.37 MJ of net energy and digestible protein in the small intestine (PDI).

Feeding behaviour

Cow activity patterns (eating, ruminating, resting, and other activities) and posture (standing or lying down) were measured throughout the experiment using a commercial Precision Livestock Service device (Axel Medria® sensor; Medria Farm Technologies, Chateaubourg, France) attached to a collar strapped onto the neck of each animal. The device is a 3-axis accelerometer that automatically monitors animal posture and activity at every 5-min interval and sends the data to a radiofrequency receiver in the barn. Cow activity was determined according to neck and muscle movements detected by the accelerometer. The data are made available on a web platform in a table that summarises the different types of activities detected by Medria's algorithms, with a 0 for activity not done or a 1 for activity registered. Only one activity could be different from 0 at any given time, and posture is added to this activity (as a cow can be at rest or ruminate either standing or lying). The data were averaged to have times of feed intake, rumination, and rest per hour (min/h) per week. The data were also averaged by combining activity and posture (rest-lying, rest-standing, eating-lying, eating-standing, ruminating-lying, ruminating-standing). Eating, ruminating, resting and rest-lying are the only data reported. The average pattern of activity during the day was reported graphically per group.

Evaluation of feed nutrient utilisation from faecal samples

Faecal grab samples (\approx 500 g) were collected from the rectum of each animal twice a week (one evening and one morning sample) on weeks 3, 6 and 9. A 250 g aliquot was wet-sieved to evaluate faecal particle size, and the other 250 g aliquot was used to evaluate OM digestibility based on chemical composition of the faeces.

Wet-sieving of faecal samples started immediately after taking the first sample. Each sample was wet-sieved in duplicate using the Nasco Digestion Analyzer kit (Nasco®), which included three stainless-steel screens (top, 4.76 mm; middle, 3.17 mm; bottom,

1.59 mm). The faeces were transferred to the top of the Nasco Digestion Analyzer sieve set that was positioned in the bucket. Wet-sieving was performed until water easily passed through the top sieve, using the same water flow for all samples. After visual inspection to check the absence of small particles, the top sieve was detached from the sieve set. The same procedure was used for middle and bottom. Retained particulates from each sieve were then dried at 80 °C for 48–72 h, and weighed.

DM content was determined by oven-drying at 80 °C for 48–72 h, and each faecal sample was ground through a 1-mm screen. Then, the two samples from each cow in the same week were pooled and analysed for OM determination, following the same method as for forage. OM digestibility was estimated from the nitrogen and ADF content of ground-and-pooled faecal samples and the nitrogen content of hays ingested, according to Peyraud (1998), as follows:

Organic Matter digestibility (g/gOM)

$$= 1.030 - 2.478 / (\text{faeces CP}) - 0.0072 / (\text{faeces ADF}) - 0.0571 * (\text{hay CP}) / (\text{faeces CP}).$$

Milk sampling and analysis of chemical and coagulation properties

Milk samples were collected on four consecutive milkings per week during the pre-experimental and experimental periods. All samples were preserved with 2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol (Bronopol; D&F Inc., Dublin, CA) at 4 °C until analysis. Fat and protein contents were determined by mid-IR spectroscopy (Agrolab's, Aurillac, France) as per standard ISO 9622:2013. Somatic Cell Count was determined by epifluorescence (Agrolab's) as per standard ISO 13366-2:2006.

On weeks 0 (last week of the pre-experiment period), 3, 6 and 9, urea, lactose and casein contents were determined by mid-IR spectroscopy (Agrolab's) as per standard ISO 9622:2013, and a 30-ml aliquot was taken and stored at –20 °C for the analysis of milk coagulation properties. This sample was thawed overnight at 4 °C and mixed for 15 min in a rotary shaker. Milk coagulation properties were determined in duplicate using a milk coagulation meter (Maspres, Florence, Italy and Foss Italia, Padua, Italy) according to Menci et al. (2021). The milk coagulation meter measures coagulation based on the movement of small loop pendulums that are immersed in linearly oscillating samples of coagulating milk (Bittante, 2011). The following rennet parameters were determined: clotting time, i.e. time (in min) from rennet addition to the beginning of coagulation; firming time, i.e. time (in min) from coagulation to reach the amplitude of 20 mm; curd firmness; amplitude of the graphical trace at 30 min, 60 min and two times

clotting time, respectively, after rennet addition. Milk samples that did not coagulate within 60 min were classified as non-coagulating.

A last aliquot of 20 ml was taken to perform a lactofermentation test (Bérodier et al., 2001). All the stoppered tubes, each containing 20 ml of fresh milk, were placed in a water bath at 37 °C for 24 h, and the appearance of the coagulum thus obtained was visually evaluated as either 'gelled', 'flaky', 'digested', or 'caseous'. Milk pH was measured before and after being placed in water bath using an electrode (InLab Expert, Mettler Toledo, Switzerland) placed in the milk.

Body condition score and body weight

All cows were scored for body condition at weeks 0, 3, 6 and 9 by two skilled assessors using the scale developed by Bazin (1984), which ranges from 0 for an emaciated cow up to 5 for a fat cow, in 0.25-unit increments. At weeks 0, 3, 6 and 9, all cows were weighed on a balance (Delaval France, Elancourt, France) at 0200 h the weight was corrected based on the average DMI of the same week, using the formula $\text{WeighCor (kg)} = \text{Weight (kg)} - 4 \times \text{DMI (kg/d)}$ (Chilliard et al., 1987), in order to correct the weight from the variation in digestive content.

Blood metabolites

On weeks 0, 3, 6 and 9, just after morning milking, individual blood samples were taken from the tail vein into vacuum EDTA-containing tubes (Terumo France, Guyancourt, France) and then immediately centrifuged at 1 200g for 20 min at 4 °C. Blood plasma was then stored at -20 °C until analysis on a chemistry analyser (Arena 20 XT Chemistry System, Thermo Scientific, Waltham, MA) to determine the concentration of non-esterified fatty acids (NEFA-HR2 kit, Fujifilm WAKO; Arena 20 XT Chemistry System; Thermo Scientific, Waltham, MA), beta-hydroxybutyrate (product code 984325; Thermo Scientific), glucose (product code 981379; Thermo Scientific), and urea (product code 981818; Thermo Scientific).

Data analysis

Estimation of feed efficiency

The following parameters were calculated to evaluate feed efficiency: Milk (kg)/DMI (kg); Milk (kg)/MFU ingested; ECM (kg)/DMI (kg); ECM (kg)/MFU (NEMilk).

ECM was calculated according to the following equation:

$$\text{ECM (kg/d)} = [\text{MilkProd} \times \{0.42 + 0.0053 \times (\text{MFC} - 40) + 0.0033 \times (\text{MPC} - 31)\}] / 0.42 \text{ (INRA, 2018)}.$$

where MilkProd is milk production (output) in kg per day, MFC is Milk Fat Content in grams per kg, and MPC is Milk Protein Concentration in grams per kg.

Evaluation of energy balance

Energy balance of each group was calculated according to INRA (2018) based on individual needs (maintenance, lactation, reproduction, growth) and energy intake.

Economic evaluation for field application

To analyse the economic impact of the implementation of QR and QTR practices, we determined the forage price threshold at which the savings on forage compensate for the losses due to altered milk composition. For this purpose, we used the Sodiaal year-2019 milk payment grid (Sodiaal is one of the biggest French dairy cooperatives), in which milk price decreases by €5.0 and €2.7 per 1 000 l of milk for each g/kg of protein and fat lost, respectively.

The price scale for fodder corresponds to the prices commonly encountered in France based on market-price records in a year of standard climate (€80–110/T) or in a year of forage shortage (€110–160/T). The economic gain due to the decrease in forage distributed during 60 days and the economic loss due to the decrease in fat and protein levels in milk were calculated for one QR and one QTR cow for a 60-day period. The difference between this economic gain of forage and economic loss of milk then served to quantify total gain or loss according to forage price.

Statistical analyses

In order to analyse the effect of restricted forage quantity and restricted access time, all data were averaged by week. The first two pre-experiment weeks, used for progressive adjustment to the diet, were not included in the statistical analysis. The Somatic Cell Count data were log-transformed to achieve a normal distribution. Per-treatment averages for coagulation properties were computed with non-coagulating samples treated as missing values according to Koczura et al., 2019, and concerned 12 %, 8 % and 10 % of AL, QR and QTR data, respectively.

All data (feeding activity, OM digestibility, sieved faecal particle size, milk yield and composition, BW, body condition score, blood metabolites, feed efficiency) except for data from the lactofermentation test were analysed with a mixed model in SAS (SAS version 3.8, SAS Institute Inc., Cary, NC). The model used included parity (primiparous, multiparous), treatment (AL, QR, TR), experimental week (3–9 or 3, 6 and 9 according to the traits considered), and the treatment × parity, treatment × week, and treatment × parity × week interactions were considered as fixed effects. The repeated factor was the week, and the subject (random factor) was the individual cow. To obtain the best-fit models for each variable, fixed factors (other than treatment) and interactions with $P > 0.15$ were discarded using manual backward stepwise selection. Days in milk and the response variable during the pre-experimental period, centred to parity, were used as covariates. The covariance structure was first-order autoregressive for heterogeneous variances. The threshold for statistical significance was set at $P < 0.05$. Normality of the data and residuals were checked using the Shapiro–Wilk Test. For all data, in order to compare the AL cows against the two restricted groups (QR and QTR) and compare QR cows against QTR cows, we established the orthogonal contrasts 2; -1; -1 and 0; -1; 1, respectively. Curd features following the lactofermentation test were analysed with a κ^2 test of independence in R (R Core Team, 2018) using the `chisq.test` function.

Results

Intake, feed behaviour, and digestibility

As expected, QR and QTR cows ingested significantly less first-cut hay than AL cows and their DMI decreased by 13 % (2.5 kg of DM/d) and 17.0 % (3.2 kg of DM/d), respectively (Table 2). This resulted in lower intakes of Net Energy (NEMilk) and PDI for QR and QTR cows compared to AL cows and for QTR cows compared to QR cows. Energy density of ingested diets were 0.65, 0.69, 0.68 MFU/kgDMI, for AL, QR and QTR cows, respectively, and forage:concentrate ratios were 77:23, 74:26, 73:27 for AL, QR and QTR cows, respectively.

AL cows spent more time ingesting and ruminating than QR cows (+33 min/d, and +17 min/d, respectively) and QTR cows (+78 min/d and +59 min/d, respectively), to the detriment of time spent resting and lying down which was lower for AL cows than for QR and QTR cows (-52 and -86 min/d, respectively). On a DMI basis, QR and QTR cows also showed increased rumination time

Table 2

Dairy cow intake, daily activity, digestibility of organic matter and faeces sieving according to treatment, parity (primiparous and multiparous) and experimental week (3–9). Treatments consisted in dairy cows fed 3.9 kg DM/day of second-cut hay and 4.5 kg/day of concentrate and 1st cut hay provided *Ad Libitum* (AL) or at 10.5 kg DM/day without (Quantitative Restriction – QR) or with (Quantitative and Time Restriction – QTR) restricted access to feed (two meals of 2 h each).

Item	Treatment, LSM			Parity		SEM	P-values				
	AL	QR	QTR	Primi.	Multi.		AL vs (QR&QTR)	QR vs QTR	Parity (P)	Week (W)	T × W
Intake											
1st cut ingested (kg/d)	11.4	9.0	8.3	8.5	10.6	0.397	<0.001	0.169	<0.001	0.017	
DMI (kg/d)	19.2	16.7	16.0	16.2	18.4	0.401	<0.001	0.169	<0.001	0.017	
NEMilk ¹ (MFU/d)	12.5	11.3	10.8	11.0	12.0	0.178	<0.001	0.036	<0.001	0.613	0.063
PDI ² (g /d)	1 928	1 699	1 616	1 667	1 828	28.83	<0.001	0.040	<0.001	0.566	0.054
Animal activity											
Rumination (min/d)	554	537	495	522	535	8.78	0.001	0.001	0.219	0.052	
Ingestion (min/d)	288	255	210	282	220	21.2	0.035	0.110	0.021	0.009	
Rest-Lying (min/d)	203	255	289	240	258	10.7	<0.001	0.017	0.120	0.403	0.033
Rumination/DMI (min/kg)	1.23	1.34	1.30	1.35	1.23	0.030	0.011	0.265	0.003	<0.001	
Ingestion/DMI (min/kg)	15.6	15.4	13.3	17.3	12.1	1.186	0.375	0.170	0.001	<0.001	
Digestibility of OM	0.668	0.683	0.680	0.678	0.676	0.004	0.008	0.621	0.760	<0.001	
Sieving											
Coarse (%)	19.3	22.1	22.4	21.6	21.0	2.485	0.337	0.929	0.836	0.016	
Medium (%)	30.7	28.8	29.2	27.6	31.6	2.122	0.521	0.889	0.124	0.009	
Fine (%)	50.0	49.0	48.5	50.9	47.4	2.51	0.672	0.877	0.245	0.072	

Abbreviations: LSM = least square means; Primi. = primiparous; Multi. = Multiparous; T = Time; DMI = DM Intake.

¹ NEMilk = net energy for milk production. One MFU (Milk forage Unit) is the net energy for milk production brought by 1 kg of reference barley and is equivalent to 7.37 MJ of net energy (INRA, 2018).

² PDI = digestible protein in the small intestine.

compared to AL cows, but the time spent ingesting was not significantly different. Compared to QR cows, QTR cows spent significantly less time ruminating and more time resting.

Quantity-and-Time-Restricted group cows spent on average more time ingesting during the two daily meals (from 0800 h to 1000 h and from 1600 h to 1800 h) than the other groups, but AL cows spent on average more time ingesting outside of the meal times, especially in the evening from 2100 h to midnight (Fig. 1a). AL cows ruminated on average more after the second meal of the day (from 1600 h to 1800 h) and during the night (from 0100 h to 0400 h) than QR and QTR cows, whereas QTR cows had the lowest average rumination time, especially during the night (Fig. 1b). QTR cows rested on average more than AL and QR cows, particularly after the first daily meal (from 1000 h to 1300 h) and during the night (from 2100 h to 0400 h) (Fig. 1c).

Organic matter digestibility estimated from faecal samples was significantly lower for AL cows than QR cows (–2.2%) and QTR cows (–1.8%; Table 3), and there were no significant differences in the proportion of coarse, medium and fine fibres contained in the faeces (Table 2).

Milk yield, composition, and coagulation properties

AL cows tended to have a higher daily milk yield than QR cows (+0.5 kg) and QTR (+1.2 kg) cows ($P = 0.081$), whereas AL cows also had significantly higher ECM, protein and fat yields than QR cows (+1.3 kg/d, +31 g/d and +81 g/d, respectively) and QTR cows (+1.0 kg/d, +53 g/d and +80 g/d, respectively) (Table 4). AL cows had significantly higher milk fat, protein, casein and lactose contents and a significantly higher casein-to-whey protein ratio than QR cows (+3.7 g/kg, +2.4 g/kg, +0.8 g/kg, +0.0 g/kg and +0.012, respectively) and QTR cows (+3.2 g/kg, +1.4 g/kg, +1.7 g/kg, +2.6 g/kg and +0.013, respectively) (Table 3).

Energy-corrected milk, protein and fat yield were similar between QR and QTR cows, but QTR cows had lower lactose and casein contents than QR cows. There were no significant differences in Somatic Cell Count and milk urea between AL vs QR and QTR cows and between QR vs QTR cows.

Concerning significant interactions between treatments and the other effects included in the model, the difference in milk lactose

content between QTR cows and the other groups was higher in week 6 than in weeks 3 and 9. Primiparous cows had similar casein contents whatever the treatments, except in weeks 6 and 8 where AL cows had a higher casein content than QTR and QR cows. Casein-to-whey protein ratio was significantly different between the three groups in weeks 3 and 6, whereas there was no significant difference in week 9 (Table 3).

There were no significant between-treatment differences in curd features ($P = 0.125$; Table 4), variables describing milk coagulation, and initial pH and pH change during the lactofermentation test. Curd firmness at 60 min after rennet addition tended to be higher for AL cows compared to QTR and QR cows.

Body weight, body condition score, blood metabolites, and energy balance

Ad Libitum cows had a significantly higher final BW (636 kg) and body condition score (1.73 points) than QR cows (+20 kg and +0.07 points, respectively) and QTR cows (+18 kg and +0.29 points, respectively), whereas the final corrected BW was similar between AL vs QR and QTR cows and between QR vs QTR cows (Table 5). QTR cows had a lower final body condition score than QR cows and were the only cows that lost body condition from week 0 to week 9, but without impact on corrected BW (Table 5).

Energy balance was more negative for QR and QTR cows than for AL cows. Blood non-esterified fatty acid concentration tended ($P = 0.052$) to be lower for AL cows (0.121 mmol/l) compared to QR and QTR cows (0.156 and 0.211 mmol/l, respectively; Table 5). QTR cows had a higher blood beta-hydroxybutyrate concentration than QR cows (+0.086 mmol/l). There were no significant between-treatment differences in blood glucose and urea concentration.

Feed efficiency

Ad Libitum cows had a lower milk yield by net energy intake (MFU/d) and tended to have a lower milk/DMI ratio than QR cows (+0.068 kg/DMI) and QTR cows (+0.078 kg/DMI) ($P = 0.074$). ECM by kg of DMI or by net energy intake did not differ significantly according to treatments (Table 5).

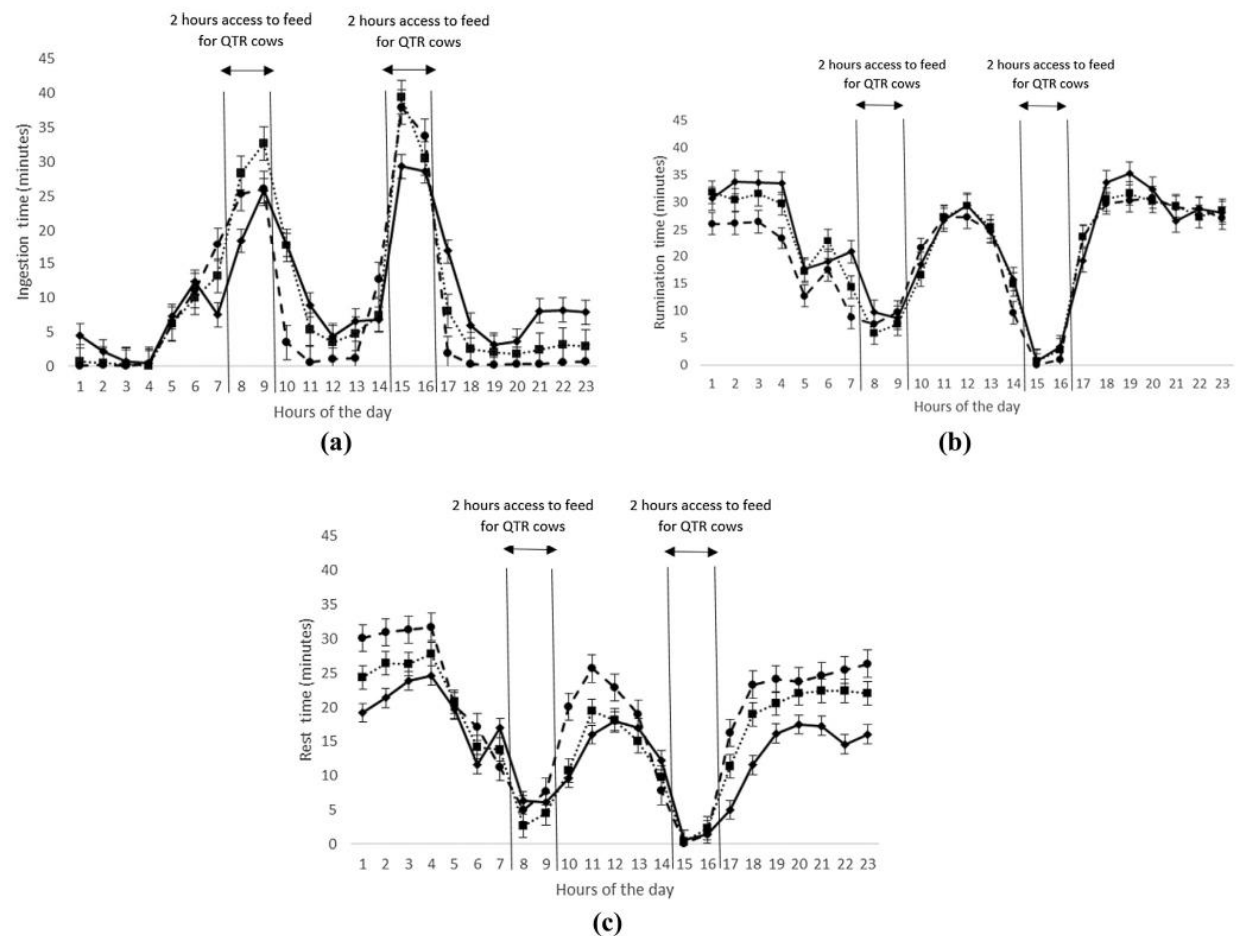


Fig. 1. Daily ingestion time (a), rumination time (b), rest time (c) per hour in the *Ad libitum* group (—●—), Quantity-restricted group (---■---, 10.5 kg DM/day), Quantity-and time-restricted group (- - -▲ - -, 10.5 kg DM/day with restricted access to feed – two meals of 2 h each). Data presented correspond to the average per hour (\pm SE) from week 2 to week 9 of the activities of each group of cows. Abbreviations: AL = *ad libitum* group; QR = quantity-restricted group; QTR = quantity-and time-restricted group.

Economic aspects for field applications

During a period of 2 months, QR and QTR practices saved 234 kg DM of forage by cow (on an offered quantity basis) compared to AL cows. However, the milk price was reduced by 19.1 and 13.9 €/cow for QR and QTR practices, respectively, due to the decrease in fat and protein content (Table 6). Therefore, QR would become economically profitable from a forage price of €85/T whereas QTR would be economically profitable whatever the hay price within its range of variation in France (Table 6).

Discussion

Effect of hay supply restriction on milk performance and nutritional status

Milk yield

Feed restriction (QR and QTR cows) tended to decrease milk yield, but not significantly, thus confirming our hypothesis. Recent studies reported that similar (–13%) or slightly higher (–20%) decreases in DMI (corn silage, soybean meal, and concentrates) significantly reduced milk yield (by 8% and 9%, respectively; Ben Meir et al., 2019; Hervé et al., 2019). Here, the absence of impact of feed restriction can be explained by several factors. First, OM

digestibility of the diet, which is the main component of net energy, was improved when feed intake was reduced. This is in line with INRA feed recommendations (2018), which state that each percentage-point decrease in DMI (per kg of BW) increases OM digestibility by 2.74%. Similarly, Santana et al. (2019) found that a 51% restriction of DMI increased DM digestibility by 13.76%. However, as other studies (Cavallini et al., 2018; Ben Meir et al., 2019) did not find any effect of feed restriction on digestibility, the evidence suggests that DMI would have to be decreased by at least 20% to have an effect on digestibility, which was not the case in our study. Furthermore, even if diet-restricted cows ruminated less than AL cows, their rumination time increased when adjusted on a DMI basis. This higher rumination per kg DMI was observed even when the forage-to-concentrate ratio was decreased in the feed-restricted diets, as forage intake was decreased while concentrate offered remained constant. This may partly explain the higher OM digestibility observed for feed-restricted cows. Indeed, when the fractional passage rate out of the rumen decreases, it leads to an increased mean retention time of feed in the rumen (INRA, 2018).

Second, feed-restricted groups spent less time ingesting. They did not increase the intake rate but spent more time at rest than AL cows. As each additional hour of rest lying down could result in an increase of 1 kg of milk per cow per day (Grant, 2003), the increasing resting time of feed-restricted cows could also explain

Table 3

Milk yield and milk composition, coagulation properties and lactofermentation according to treatment, parity (primiparous and multiparous) and experimental week (3–9). Treatments consisted in dairy cows fed 1st cut hay provided *Ad Libitum* (AL) or at 10.5 kg DM/day without (Quantitative Restriction – QR) or with (Quantitative and Time Restriction – QTR) restricted access to feed (two meals of 2 h each).

Item	Treatment, LSM			Parity		SEM	P-values					
	AL	QR	QTR	Primi.	Multi.		AL vs (QR&QTR)	QR vs QTR	Parity (P)	Week (W)	T × W	T × P × W
Milk production												
Milk yield (kg/d)	17.3	16.8	16.1	15.6	17.9	0.372	0.081	0.202	<0.001	<0.001	0.139	
ECM ¹ (kg/d)	15.8	14.5	14.8	14.4	15.7	0.385	0.017	0.673	0.007	<0.001		
Fat (g/kg)	36.0	32.3	32.8	34.7	32.7	0.864	0.002	0.663	0.058	<0.001		
Fat yield (g/d)	618	538	537	545	583	16.5	<0.001	0.969	0.050	<0.001		
Protein (g/kg)	29.9	27.5	28.5	29.5	27.8	0.498	0.003	0.169	0.004	<0.001		
Protein yield (g/d)	507	466	454	456	495	11.7	0.002	0.480	0.007	<0.001	0.071	
Urea (mg/kg)	237	230	220	248	209	8.22	0.228	0.432	<0.001	<0.001		
Lactose (g/kg)	48.2	48.2	45.6	47.8	46.8	0.364	0.005	<0.001	0.028	<0.001	0.036	
Casein (g/kg)	27.2	26.4	25.5	27.2	25.4	0.227	0.001	0.033	<0.001	<0.001	0.055	0.024
Casein: protein ratio	0.919	0.907	0.906	0.914	0.907	0.006	0.034	0.867	0.204	<0.001	0.004	
SCC (log ₁₀ /ml)	4.88	5.00	5.00	4.90	5.02	0.094	0.282	0.984	0.233	0.004		
Coagulation properties												
Rennet coagulation time, min	15.1	15.2	14.6	13.2	16.8	0.870	0.861	0.622	0.001	0.141		
Firming time, min	10.4	11.7	8.23	6.98	13.2	1.66	0.829	0.161	0.007	0.426		
A30 ² (mm)	27.2	24.6	26.4	30.9	21.2	2.00	0.482	0.529	<0.001	0.666		
A2R ³ (mm)	28.2	25.6	25.9	29.3	23.7	1.32	0.140	0.894	0.001	0.578		
A60 ⁴ (mm)	32.5	28.8	28.5	33.5	26.4	1.58	0.059	0.862	<0.001	0.495		
Lactofermentation												
pH initial	6.65	6.65	6.64	6.62	6.68	0.010	0.593	0.306	<0.001	0.421	0.502	0.083
Δ pH (after – before lactofermentation)	2.08	2.07	2.15	2.10	2.10	0.052	0.623	0.344	0.979	<0.001		

Abbreviations: LSM = least square means; Primi. = primiparous; Multi. = Multiparous; T = Time; SCC = Somatic Cell Count.

¹ ECM = Energy-Corrected Milk (kg/d); ECM = NEMilk/0.44 with NEMilk (MFU/d) = MilkProd × [0.42 + 0.0053 × (Milk Fat Concentration – 40) + 0.0033 × (Milk Protein Concentration – 31)].

² Curd firmness A30 = amplitude of the trace at 30 min, after rennet addition.

³ Curd firmness A2R = amplitude of the trace at two times R, after rennet addition.

⁴ Curd firmness A60 = amplitude of the trace at 60 min, after rennet addition.

Table 4

Contingency table presenting the appearance of the curds after the lactofermentation test of 24 h for the three treatments. Treatments consisted in dairy cows fed 1st cut hay provided *Ad Libitum* (AL) or at 10.5 kg DM/day without (Quantitative Restriction – QR) or with (Quantitative and Time Restriction – QTR) restricted access to feed (two meals of 2 h each).

Item	Gelled	Flaky	Digested	Caseous	Total number of observation	P-value
AL	30	7	16	1	54	0.125
QR	23	19	12	0	54	
QTR	22	15	15	2	54	

the non-significant difference in milk production. Indeed, resting lying down has benefits for welfare and health (less stress on the hoof and less lameness, less fatigue stress) and potentially affords greater milk synthesis due to greater blood flow through the udder (Grant, 2003).

Surprisingly, even though milk yield did not decrease significantly under DMI restriction, we found only a trend on feed efficiency. Milk yield by net energy intake (MFU/d) was the only factor that was improved under DMI restriction. This runs contrary to our hypothesis and to reports from other studies (Cavallini et al., 2018; Ben Meir et al., 2019) where a DMI restriction of between 7.6 % and 12.8 % improved ECM/DMI as ECM was only marginally affected (–3.4 % and –5.4 %, respectively). Here, even though feed restriction did not significantly decrease milk yield, it decreased milk fat and protein synthesis, which led to a higher reduction of ECM for QR and QTR cows compared to AL cows (–8 % and –7 %, respectively). These discrepancies could be explained by the law of diminishing returns: the more the cows are overfed (in relation to their needs), the less the feed restriction affects their milk production (Zanton and Heinrichs, 2008). In this experiment, cows were not fed to the same level as in Cavallini et al. and Ben Meir et al., where cows ingested between 23 and 30 kg/cow/d of an energy-dense diet. Here, intakes were much lower, and the

negative calculated energy balance and low body condition score (2.1 at the beginning of the pre-experimental period) both indicate that the herd was not overfed. Therefore, the feed restriction practised in this study was likely to have a higher impact on milk output, which could explain why feed efficiency was not improved. This practice may therefore have greater value on farms where cows are frequently overfed.

In this experiment, feed-restricted cows also mobilised their body fat reserves, as evidenced by their lower final body condition score and BW, but without impacting corrected BW, which was in line with the blood non-esterified fatty acid concentration that tended to be lower for feed-restricted cows. There appeared to be less mobilisation of body fat reserves here than in Hervé et al. (2019) where a 20 % DMI restriction resulted in a 5 % BW loss. Nevertheless, the consequence of this variation in body condition score and blood non-esterified fatty acid concentration should be studied over a longer time window to verify a possible long-term effect on reproduction and health that could not be evaluated in this study. Moreover, even if the proportion of forage was still high in the QR and QTR diets (74 and 73 % respectively), reducing the dietary proportion of fodder can lead to health problems, as shown in studies including a higher proportion of concentrates (75 % after forage restriction) (Cavallini et al., 2021). The reduction of physically

Table 5

Body weight and Body Condition Score, energetic balance, blood metabolites and feed efficiency according to treatment, parity (primiparous and multiparous) and experimental week (3–9). Treatments consisted in dairy cows fed 1st cut hay provided *Ad Libitum* (AL) or at 10.5 kg DM/day without (Quantitative Restriction – QR) or with (Quantitative and Time Restriction – QTR) restricted access to feed (two meals of 2 h each).

Item	Treatment, LSM			Parity		SEM	P-values					
	AL	QR	QTR	Primi.	Multi.		AL vs (QR&QTR)	QR vs QTR	Parity (P)	Week (W)	T × W	T × P × W
BW and BCS												
Final BW	636	616	618	596	650	7.49	0.044	0.810	<0.001			
Final corrected BW	601	584	588	565	616	7.9	0.124	0.721	<0.001			
Final BCS	1.73	1.66	1.44	1.68	1.54	0.004	0.044	0.034	0.128			
Δ BCS (Week 9 – Week 0)	0.09	0.02	–0.194	0.042	–0.094	0.070	0.044	0.034	0.128			
Energy balance, MFU	–0.91	–2.06	–1.78	–1.61	–1.56	0.203	<0.001	0.310	0.820	<0.001	0.085	
Blood metabolites												
NEFA (mmol/l)	0.121	0.156	0.211	0.169	0.156	0.027	0.052	0.156	0.644	<0.001		
BHB (mmol/l)	0.500	0.514	0.428	0.454	0.507	0.019	0.206	0.004	0.014	0.023	0.829	0.114
Glucose (g/l)	0.555	0.540	0.540	0.485	0.604	0.017	0.449	0.941	<0.001	0.542		
Urea (g/l)	0.161	0.148	0.138	0.160	0.139	0.010	0.182	0.459	0.097	<0.001		
Feed efficiency												
Milk (kg / kg DMI)	0.922	0.990	1.00	0.968	0.978	0.034	0.074	0.742	0.801	<0.001	0.535	0.087
Milk (kg / MFU ingested)	1.39	1.48	1.49	1.41	1.49	0.040	0.046	0.811	0.085	<0.001	0.003	
ECM ¹ (kg/ kg DMI)	0.804	0.826	0.859	0.824	0.817	0.028	0.268	0.408	0.399	<0.001	0.867	0.029
ECM (kg/UF) (NEMilk)	1.20	1.23	1.27	1.24	1.24	0.033	0.148	0.374	0.957	<0.001		

Abbreviations: LSM = least square means; Primi. = primiparous; Multi. = Multiparous; T = Time; BCS = Body Condition Score; MFU = Milk Forage Unit; NEFAs = Non-Esterified Fatty Acids; BHB = Beta-hydroxybutyrate.

¹ ECM = Energy-Corrected Milk (kg/d); ECM = NEMilk/0.44 with NEMilk (MFU/d) = MilkProd × [0.42 + 0.0053 × (Milk Fat Concentration – 40) + 0.0033 × (Milk Protein Concentration – 31)].

Table 6

Economic impact of the Quantitative Restriction (QR, 10.5 kg DM/day) and the Quantitative Time Restriction (QTR, 10.5 kg DM/day with restricted access to feed – two meals of 2 h each) for one average cow, calculated as a difference with cows fed *Ad Libitum*. Calculations take into account fat and protein content of milk observed during a period of 60 days – according to forage price.

Item	Forage price (€/T of DM)	80€	90€	100€	110€	120€	140€	160€
QR	Economic loss (€) due to lower fat and protein contents in milk – QR practice	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1
	Economic gain (€) due to the reduction in the quantities of fodder distributed – QR practice	18.7	21.1	23.4	25.7	28.1	32.8	37.4
QTR	Gain/loss compared to the loss on milk rates – QR practice	–0.4€	+2€	+4.3€	+6.6€	+9.0€	+13.7€	+18.3€
	Economic loss (€) due to lower fat and protein contents in milk – QTR practice	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
	Economic gain (€) due to the reduction in the quantities of fodder distributed – QTR practice	18.7	21.1	23.4	25.7	28.1	32.8	37.4
	Gain/loss compared to the loss on milk rates – QTR practice	+4.8€	+7.2€	+9.5€	+11.8€	+14.2€	+18.9€	+23.5€

effective fibre can impair rumen health and lead to subacute ruminal acidosis (Humer et al., 2018) but also homeostasis and inflammatory response (Cavallini et al., 2021).

Milk composition and coagulation

Feed-restricted cows decreased their in-milk protein and fat content, in line with other studies (Abdelatty et al., 2017; Hervé et al., 2019). Here, the observed reduction in milk fat content can be explained by the increased proportion of concentrate in the diet (Aguerre et al., 2011) of feed-restricted cows, as all three groups had the same concentrate intake whereas forage intake was reduced in feed-restricted groups. Forage-to-concentrate ratio is an important factor of variation in milk fat content: when forage-to-concentrate decreases, milk fat content is reduced due to the higher starch content of the diet that depresses the synthesis of FA precursors in the rumen (acetate and butyrate) to the benefit of propionate (Vazirigohar et al., 2014). The decreased protein content in milk from feed-restricted cows could be a consequence of their reduced energy intake. The average reduction observed here for feed-restricted cows (–1.6 g/kg of protein) was slightly higher than expected based on the reference provided by Coulon and Remond (1991), who reported that milk protein content is reduced by an average of 0.6 g/kg for each unit decrease in net energy intake. However, in this trial, the milk protein content of the three groups remained low compared to the French average (29.5 g/kg for AL cows here versus a Holstein-breed average of 31.8 g/kg;

Institut de l'élevage, 2021). This is partly explained by a low nutritional value and energy density of the diet, which is common in upland-area livestock systems (Baumont et al., 2012). As expected, casein content was decreased in the milk of feed-restricted cows, but surprisingly the casein-to-whey protein ratio was also decreased. Casein-to-whey protein ratio is known to vary much more according to animal-related factors (mainly genetic variants of β-lactoglobulin and κ-casein and udder health) than dietary factors (Coulon et al., 1998). Nevertheless, the decrease observed here was only modest and needs to be confirmed in further trials with reference-standard analysis of milk casein content instead of infrared predictions.

Surprisingly, despite milk compositional differences, its cheesemaking ability remained similar in the three groups. Concerning milk coagulation ability, curd firmness, which is well known to be positively correlated to milk casein content (Martin and Coulon, 1995), was not reduced in the milk of the feed-restricted cows despite their lower milk casein content. This absence of effect cannot be related to milk Somatic Cell Count, which was similar in the three groups, nor to animal characteristics (lactoprotein genetic variants), as we used pre-experimental data as covariates in the statistical model. This absence of effect could be due to the fact that the differences in milk composition remained minor. Further studies considering the cheese yield and coagulation properties of milk should be undertaken to explore this interesting finding in greater depth. The absence of effect of

feed restriction on rennet coagulation time was less surprising given that the initial milk pH was similar in the three groups. Concerning lactofermentation, this process is partly related to milk microbiota: a milk that produces a gelled curd translates a strong development of lactic bacteria, for example (Bérodier et al., 2001). Milk microbiota is partly influenced by hygiene during milking, environment, and milking equipment (Montel et al., 2014). Considering that all these factors of variation were standardised for all three groups here, it was not really surprising to find no differences in the lactofermentation tests. An in-depth characterisation of the milk microbiota from the three groups would be usefully informative, as some authors recently reported diet-related differences even when the animals were reared and milked in the same conditions (Fréтин et al., 2018).

Effect of additional access-time restriction on milk performances

We hypothesised that a limited access time to feed (2 h per meal) could further increase feed efficiency compared to a single quantitative restriction, due to a decrease in transit rate enabling an increase in digestibility, with the outcome that milk production and animal nutritional status would only be marginally affected. Compared to the single quantitative restriction of forage offered, the limitation of access time to feed modified the behaviour of the animals but only marginally reduced their intakes and had no further effect on milk yield (whether expressed as kg/d or ECM/d). This is in line with our hypothesis.

Interestingly, the QTR cows managed to ingest a similar quantity of forage to QR cows but within just 4 h per day, which resulted only in a marginal decreased NEMilk and PDI intakes.

Animals performed the same activity at the same time, whatever the group. For every group, there were two large meals of about 2 h each, and the intake during the other time periods was ultimately relatively limited. Resting and ruminating periods were also unaffected by the time restriction on feeding. Few studies have investigated the restriction of access time to feed, and only 'mild' time restrictions have been tested (19 h vs 24 h access in Cavallini et al., 2018), which is therefore not comparable to the time restriction applied here. This time restriction, with cows fed a diet based on grass hay, steam-flaked corn, and mixed grain, reduced DMI by 10 % (-2.49 kg) but did not impact milk yield. Manzocchi et al. (2019) studied part-time grazing with similar time reductions to those implemented here (access to pasture for 4 h after the morning milking and 2 h after the evening milking) and found that the cows had lower milk protein and casein contents but similar milk yield and milk coagulation properties to full-time-grazing cows. However, pasture intakes were not measured.

Here, the fact that access-time restriction had no impact on milk yield can be explained by similar DMI and similar OM digestibility between groups. Even though QR and QTR cows had similar DMI, QR cows spent more time ruminating and less time resting than QTR cows, but these behavioural differences did not impact rumination time by DMI and ingestion time by DMI, which could explain why digestibility was not improved.

Access-time restriction had no significant impact on milk composition other than on lactose and casein content. Even though NEMilk level decreased in QTR cows, protein content surprisingly remained unaffected. Nevertheless, contrary to our hypothesis, this seems to have been achieved through a further mobilisation of body fat reserves instead of increased ration digestibility and feed efficiency. To maintain the same level of production as QR cows, QTR cows had a lower final body condition score and a higher blood beta-hydroxybutyrate concentration in blood. It could thus be suggested that access-time restriction led to a higher mobilisation of cow body reserves in order to produce milk, in line with

Manzocchi et al. (2019) who found that time-restricted cows up-mobilised their lipid reserves. Access-time restriction had no significant impact on feed efficiency and digestibility. The time restriction did not add to the impact of feed restriction under the conditions tested here, i.e. with cows that were not overfed.

Finally, the possible animal welfare issues raised by this practice (animals not fed *ad libitum* and tied up during meals) and the allied work management constraints (having to return to release the animals) may be obstacles to the implementation of this practice that, contrary to our hypothesis, seems to have limited value in terms of animal performances.

Economic implications for field application

Farms are increasingly being forced to make forage purchases to cope with climate-event hazards, but it is often difficult to find affordable good-quality forage. Farmers therefore prefer to work with what they have on their farm rather than buying off-farm. This study finds evidence that QTR and QR feed management practices can have a net-positive economic outcome for farms that buy-in forage at prices higher than €60/T (for QTR) and €80/T (for QR) on a DM-basis, which is a very common situation in France as the mean price of hay varied between €80 and €160 per tonne according to the period of the year and prevailing climatic conditions. In a context where climate hazards are recurring increasingly frequently, and with an increase in demand for forage due to these hazards, the forage savings made possible with these management practices offer potentially valuable perspectives for coping with these hazards (in both the short term or long term) instead of buying fodder or readjusting feed. In the event of forage stock shortage, one solution open to farmers would be to compensate for the decrease in forage by using more concentrate. However, as concentrates are the most expensive feed component of the ration, this option would nevertheless penalise the farm's economic results, unless the concentrates can be self-produced.

While quantity-only forage restriction seems economically interesting, it is equally also necessary to account for previous nutritional (body condition score and blood metabolites) aspects and farm organisation factors. If the difference in milk yield is not significant over 2 months but becomes significant over the longer term, then economic implications will need to be reassessed. A longer trial period would also allow a better understanding of the effects of these practices on the nutritional status, health and performance of the animals and on farm system organisation in the longer term.

Conclusion

Restricted access time to feed reduced DMI by 16 % without significant effect on milk yield and tended to increase feed efficiency due to better forage utilisation (better digestibility). Cows adapted to a restriction of feed quantity by significantly decreasing milk solids synthesis—i.e. ECM, fat, protein, casein and lactose—and by mobilising their body reserves (body condition score, blood non-esterified fatty acids), but they did not lose corrected weight and their milk cheesemaking ability was not impacted. Time restriction did not impact milk composition and coagulation properties other than casein, casein-to-whey protein ratio and lactose which were decreased. Time restriction also increased the mobilisation of body fat reserves. The saving in forage induced by quantity and time restriction appears to be economically interesting when the forage price climbs higher than €60/tonne. Future research should therefore focus on longer-term experiments to better understand the impact of restricted feeding practices on nutritional status, health and reproduction. Moreover, these practices are expected to be

more viable with animals that are usually overfed, as is often the case in dairy farms.

Ethics approval

The local institutional animal care and use committee and the French Ministry for Higher Education, Research and Innovation (approval number #2019102916176881).

Data and model availability statement

None of the data was deposited in an official repository. Data supporting the findings of this study can be made available on request.

Author ORCIDs

Maeva Cremilleux: 0000-0002-2380-4314; **Mauro Coppa:** 0000-0003-2073-0599; **Matthieu Bouchon:** 0000-0002-7175-7233; **Luc Delaby:** 0000-0002-9805-4108; **Antonio Nataello:** 0000-0002-9802-2501; **Bruno Martin:** 0000-0003-2501-8306; **Audrey Michaud:** 0000-0002-3666-6678

Author contributions

M. Cremilleux: Formal analysis, Investigation, Data Curation, Visualization, Writing – Original draft, Writing – Review & editing; **M. Coppa:** Methodology, Investigation, Validation, Supervision, Writing – Review & editing; **M. Bouchon:** Resources, Data Curation, Writing – Review & editing; **L. Delaby:** Validation, Writing – Review & editing; **G. Beaure:** Conceptualization, Writing – Review & editing; **I. Constant:** Resources, Writing – Review & editing; **A. Nataello:** Resources, Writing – Review & editing; **B. Martin:** Conceptualization, Methodology, Validation, Supervision, Writing – Review & editing; **A. Michaud:** Conceptualization, Methodology, Supervision, Writing – Review & editing, Funding acquisition, Project Administration.

Declaration of interest

None

Acknowledgements

The authors thank the staff at the INRAE–Marcanat experimental farm for the technical support during the experiment. We also thank Sandrine Faure and Aline Le Morvan (Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France) for handling laboratory analysis, and the farmer-members of the association 'Éleveurs Autrement' for sharing their knowledge, which helped set up of this experiment.

Financial support statement

This work was supported by the French government IDEX-ISITE initiative 16-IDEX-0001 (CAP 20-25, grant number PRHI-3.2-CRI190627-MICHAUD) and FRE (Federation Recherche Environnement)

References

Abdelatty, A.M., Iwaniuk, M.E., Garcia, M., Moyes, K.M., Teter, B.B., Delmonte, P., Kadegowda, A.K.G., Tony, M.A., Moha-mad, F.F., Erdman, R.A., 2017. Effect of short-term feed restriction on temporal changes in milk components and

mammary lipogenic gene expression in mid-lactation Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100, 4000–4013. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11130>.

Aguerre, M.J., Wattiaux, M.A., Powell, J.M., Broderick, G.A., Arndt, C., 2011. Effect of forage-to-concentrate ratio in dairy cow diets on emission of methane, carbon dioxide, and ammonia, lactation performance, and manure excretion. *Journal of Dairy Science* 94, 3081–3093. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4011>.

Baumont, R., Michaud, A., Delaby, L., 2012. Services fourragers des prairies permanentes: production d'herbe et valeur alimentaire pour les ruminants. *Fourrages* 211, 219–228.

Bazin, S., 1984. Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches Pie Noires. Institut Technique de l'élevage Bovin, Paris, France.

Ben Meir, Y.A., Nikbachat, M., Portnik, Y., Jacoby, S., Levit, H., Bikel, D., Adin, G., Moallem, U., Miron, J., Mabweesh, S.J., Halachmi, I., 2019. Dietary restriction improved feed efficiency of inefficient lactating cows. *Journal of Dairy Science* 102, 8898–8906. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16321>.

Bérodier, A., Parguel, P., Dasen, A., Duboz, G., Renaud J.P., Billot, M., Berodier, F., Ducret, J.B., Marguet, B., 2001. Validation du test de lactofermentation en filière Comté (1999–2000). Comité Technique du Comté, Poligny, France.

Bittante, G., 2011. Modeling rennet coagulation time and curd firmness of milk. *Journal of Dairy Science* 94, 5821–5832. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4514>.

Cavallini, D., Mammi, L.M.E., Fustini, M., Palmonari, A., Heinrichs, A.J., Formigoni, A., 2018. Effects of ad libitum or restricted access to total mixed ration with supplemental long hay on production, intake, and rumination. *Journal of Dairy Science* 101, 10922–10928. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14770>.

Cavallini, D., Mammi, L.M.E., Buoniauto, G., Palmonari, A., Valle, E., Formigoni, A., 2021. Immune-metabolic-inflammatory markers in Holstein cows exposed to a nutritional and environmental stressing challenge. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 105, 42–55. <https://doi.org/10.1111/jpn.13607>.

Chilliard, Y., Rémond, B., Agabriel, J., Robelin, J., Vérité, R., 1987. Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. *Bulletin Technique CRZV Theix* 70, 117–131.

Coulon, J.B., Remond, R., 1991. Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow: a review. *Livestock Production Science* 29, 31–47. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(91\)90118-A](https://doi.org/10.1016/0301-6226(91)90118-A).

Coulon, J.B., d'Hour, P., Garel, J.P., Petit, M., 1996. Long-term effect of level and pattern of winter concentrate allocation in dairy cows. *Annales de Zootechnie* 45, 233–251. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00889556/>.

Coulon, J.B., Hurtaud, C., Remond, B., Verite, R., 1998. Factors contributing to variation in the proportion of casein in cows' milk true protein: A review of recent INRA experiments. *Journal of Dairy Research* 65, 375–387. <https://doi.org/10.1017/S0022029998002866>.

Cremilleux, M., Cayre, P., Rigolot, C., Martin, B., Michaud, A., 2020. Les systèmes d'élevage agroécologiques: une caractérisation pragmatique croisant la zootechnie avec les sciences humaines. *Rencontres Recherches Ruminants* 25, 570–574.

European Commission, 2018. EU Dairy farms report based on 2016 FADN data. Page 185 in *Agriculture and Rural Development*. E. Commission, ed. European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development. Retrieved on 19 September 2019 from https://ec.europa.eu/agriculture/rica/pdf/Dairy_report_2016.pdf.

Fischer, A., Edouard, N., Faverdin, P., 2020. Precision feed restriction improves feed and milk efficiencies and reduces methane emissions of less efficient lactating Holstein cows without impairing their performance. *Journal of Dairy Science* 103, 4408–4422. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17654>.

Frélin, M., Martin, B., Rifa, E., Verdier-Metz, I., Pomiès, D., Ferlay, A., Montel, M.C., Delbès, C., 2018. Bacterial community assembly from cow teat skin to ripenedcheeses is influenced by grazingsystem. *Scientific Reports* 8. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18447-y>.

Grant, R.J., 2003. Taking advantage of dairy cow behavior: Cost of ignoring time budgets. Paper presented at the 65th conference for feed manufacturing, 21–23 October 2003, Syracuse, USA.

Hervé, L., Quesnel, H., Véron, M., Portanguen, J., Gross, J.J., Bruckmaier, R.M., Boutinaud, M., 2019. Milk yield loss in response to feed restriction is associated with mammary epithelial cell exfoliation in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 102, 2670–2685. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15398>.

Humer, E., Petri, R.M., Aschenbach, J.R., Bradford, B.J., Penner, G.B., Tafaj, M., Südekum, K.H., Zebeli, Q., 2018. Invited review: Practical feeding management recommendations to mitigate the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 101, 872–888. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13191>.

INRA, 2018. *Alimentation des ruminants*. Edition QUAE, Versailles, France.

Institut de l'élevage, 2021. *Résultats de contrôle laitier, espèce bovine, France 2020*. Collection résultats, Paris, France.

Koczura, M., Martin, B., Turille, G., De Marchi, M., Kreuzer, M., Berard, J., 2019. Milk composition, but not cheese properties, are impaired the day after transhumance to alpine pastures. *International Dairy Journal* 99. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104540>.

Lebacqz, T., Baret, P.V., Stilmant, D., 2015. Role of input self-sufficiency in the economic and environmental sustainability of specialised dairy farms. *Animal* 9, 544–552. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002845>.

Manzocchi, E., Koczura, M., Coppa, M., Turille, G., Kreuzer, M., Berard, J., 2019. Grazing on upland pastures part-time instead of full-time affects the feeding behavior of dairy cows and has consequences on milk fatty acid profiles. *Animals* 9, 908. <https://doi.org/10.3390/ani9110908>.

- Martin, B., Coulon, J.B., 1995. Milk production and cheese characteristics. 1. Influence of milk production conditions on herd milk clotting ability. *Lait* 75, 61–80.
- Menci, R., Natalello, A., Luciano, G., Priolo, A., Valenti, B., Difalco, A., Rapisarda, T., Caccamo, M., Constant, I., Niderkorn, V., Coppa, M., 2021. Cheese quality from cows given a tannin extract in 2 different grazing seasons. *Journal of Dairy Science* 104, 9543–9555. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20292>.
- Montel, M.C., Buchin, S., Mallet, A., Delbes-Paus, C., Vuitton, D.A., Desmasures, N., Berthier, F., 2014. Traditional cheeses: rich and diverse microbiota with associated benefits. *International Journal Food Microbiology* 177, 136–154. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.019>.
- Nrc, 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academies Press, Washington, DC, USA.
- Peyraud, J.L., 1998. Techniques for measuring fecal flow, digestibility and intake of herbage in grazing ruminants. In: North Wyke, U.K. (Ed.), *Proceedings of the IXth European Intake Workshop*, pp. 39–43.
- R Core Team, 2018. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sodiaal, 2019. Grille mensuelle de paiement du lait cru de vache–Bassin grand Sud SODIAAL – en vigueur au premier janvier 2019. Retrieved on 4 April 2021 from <https://www.coordinationrurale.fr/wp-content/uploads/2019/01/num%C3%A9risation0005.pdf>
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
- Vandehaar, M.J., 1998. Efficiency of nutrient use and relationship to profitability on dairy farms. *Journal of Dairy Science* 81, 272–282. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75576-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75576-6).
- Vazirigohar, M., Dehghan-Banadaky, M., Rezayazdi, K., Krizsan, S., Nejati-Javaremi, A., Shingfield, K., 2014. Fat source and dietary forage-to-concentrate ratio influences milk fatty-acid composition in lactating cows. *Animal* 8, 163–174. <https://doi.org/10.1017/S175173111300181X>.
- Zanton, G.I., Heinrichs, A.J., 2008. Rumen digestion and nutritional efficiency of dairy heifers limit-fed a high forage ration to four levels of dry matter intake. *Journal of Dairy Science* 91, 3579–3588. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1210>.

4. Discussion

4.1. *Quelques pratiques de gestion favorisant la santé se dégagent*

Les résultats des analyses multivariées et des CAH montrent quelques tendances concernant les liens entre les pratiques de gestion mises en place sur les fermes et leur état de santé.

Selon les agriculteurs et la littérature, le principal levier pour favoriser la santé du troupeau est l'alimentation (mise en place d'un rationnement, présence de fibres dans la ration, limitation de la quantité de concentré). Les pratiques de gestion de l'alimentation étant variées sur les fermes, l'analyse de la santé du troupeau réalisée au bâtiment a permis d'identifier 3 groupes, différenciant notamment ceux qui effectuent un rationnement des quantités de fourrages distribués. Ainsi seuls les éleveurs du groupe 1 mettent en place cette pratique, associée à une quantité de concentrés distribués plus faible. Contrairement aux hypothèses des agriculteurs, les variables d'état de santé du troupeau ne ressortent pas significativement pour la constitution de ce groupe, ce qui signifie que des pratiques variées, notamment concernant l'alimentation conduisent à des états de santé similaires. Cette conclusion peut être nuancée du fait que le groupe 1 regroupe des troupeaux avec un état nutritionnel (NEC et concentration de BHB dans le sang) légèrement meilleur que dans les autres groupes –dont l'état nutritionnel est déjà bon- et peu d'interventions vétérinaires, ce qui semble indiquer que cette pratique favorise certains éléments de la santé du troupeau. Cependant, E2, seul troupeau ayant une santé « dégradée », appartient à ce groupe et participe à l'augmentation des taux de mortalité et du comptage cellulaire élevés perçu dans ce groupe.

Au pâturage, les deux groupes de troupeaux sont constitués selon la mise en place (groupe 1), ou non (groupe 2), de cure de phytothérapie mais sans lien avec la santé puisqu'à l'exception de E2, la totalité des troupeaux possède un état de santé « bon ». Une tendance montre un nombre de traitements allopathiques appliqués un peu plus élevé que la moyenne de l'échantillon (0,44) pour les éleveurs du groupe 1 (1,15). La moyenne de nombre de traitement allopathique par vache par an des éleveurs du groupe 1 est ainsi plus élevée que la moyenne des systèmes biologiques (0,5) mais reste inférieur à la moyenne des systèmes conventionnels (1,7) (Moussel, 2011). La proportion de concentré a également tendance à être plus élevée au sein du groupe 1 (4 kg), ce qui correspond à une situation fréquente pour les élevages laitiers biologiques du Massif central (Collectif BioRéférences Pôle Bio Massif Central, 2018). Ces éléments sont en accord avec la littérature qui préconise de limiter la quantité de concentré dans la ration afin de ne pas dégrader la santé du troupeau (Commun et al., 2016). Le résultat de l'indicateur concernant le nombre de traitements allopathiques est cependant à relativiser. Certains éleveurs de l'échantillon ont plus recours à des médecines alternatives, au détriment de l'utilisation de traitements allopathiques, ce qui peut diminuer le nombre de traitements allopathiques utilisés sans que ce soit pour autant un signe d'absence de pathologie.

L'analyse de la littérature et les agriculteurs mettent en avant la fertilisation (quantité), le degré d'utilisation (chargement, nombre de jours et temps de retour pour le pâturage ; nombre de coupes et stade pour les fauches), le stade de fauche et la limitation du travail du sol comme pratiques permettant de favoriser la santé des prairies et des sols. L'analyse statistique des pratiques de gestion mises en place sur les prairies, en lien avec la santé, a permis d'identifier trois groupes, selon l'utilisation de la prairie (pâturage, fauche ou mixte). L'état de santé du groupe se caractérisant par des parcelles uniquement pâturées est « bon », contrairement aux deux autres groupes. Cette analyse des pratiques montre ainsi que le pâturage semble favorable à une bonne santé des prairies. Cet effet bénéfique du pâturage sur le

fonctionnement et la santé d'une prairie, notamment sur la valeur nutritive des couverts prairiaux et le rendement, est également mis en avant par la littérature, dans le cas où le pâturage est bien géré (chargement, portance des sols lorsque les animaux pâturent) (Collectif, 2018).

Concernant le sol, deux groupes sont constitués avec l'analyse statistique, selon les pratiques de gestion mises en place par les agriculteurs. Le groupe ne réalisant pas de travail de sol, mettant en place un pâturage tournant rapide (animaux présents moins de 5 jours par tour de pâturage) et fauchant à un stade précoce semble avoir un état de santé supérieur à ceux des agriculteurs effectuant un travail du sol et mettant en place un pâturage au fil. Les tendances observées sont également en accord avec la littérature qui met en avant l'intérêt de limiter le travail du sol (Gliessman, 1998; Dumont et al., 2013), alors qu'aucun consensus ne se dégageait chez les agriculteurs. Cependant, ces résultats sont à nuancer puisque les agriculteurs utilisant la herse et mettant en place un pâturage au fil possèdent un état de santé « bon ». Si ces pratiques ne semblent pas améliorer la santé des sols, elles ne sont pas non plus pénalisantes.

L'ensemble de ces quatre AFDM est à prendre avec précaution en raison du faible nombre d'individus (n=11 pour les troupeaux, n=21 pour les prairies et les sols), il n'est en effet pas possible d'extrapoler les résultats obtenus mais permet d'ouvrir des perspectives pour mettre en place des pratiques favorisant la santé. Par ailleurs, cette diversité de pratiques de gestion mise en place dans un objectif de santé des troupeaux, des prairies des sols et donc des fermes, est indépendante de la vision de la santé des éleveurs. En effet les groupes d'éleveurs constitués à partir des analyses multivariées analysant les pratiques mise en place sur les fermes ne correspondent pas aux trois types de cadre de la santé identifiés dans les enquêtes (chapitre 2).

Si l'on cherche à croiser l'ensemble des pôles de santé (troupeau, prairie, sol), l'approche par les pratiques ne permet pas de mettre en évidence des fermes qui mettent en place des pratiques de gestions qui favorisent les trois pôles de santé. Ainsi, les pratiques mises en place par les éleveurs se font généralement en faveur d'un pôle particulier. Plus particulièrement, les fermes E1,E2,E3,E8,E9 mettent en place une restriction de l'alimentation qui semble plutôt en faveur de la santé des troupeaux et également un hersage des prairies, et pour certaines un pâturage au fil qui eux semble être moins en faveur de la santé des sols. A l'inverse, certaines fermes tels que E6-E7-E10 et E11 mettent en place des pratiques plutôt en faveur de la santé des sols et prairies et moins favorables à la santé des troupeaux.

Alors que la littérature et les éleveurs mettent en évidence un grand nombre de pratiques permettant d'améliorer la santé, seulement les quelques tendances décrites précédemment ont pu être perçues. Cela s'explique par différents facteurs : le faible nombre d'individus au sein de l'échantillon, la mise en classe des indicateurs de santé, l'échantillonnage. Tout d'abord, le faible nombre d'individus au sein de l'échantillon, par rapport au nombre d'indicateurs conservés, rend complexe la mise en évidence de participation statistiquement significative des pratiques à la formation des groupes. La mise en classe des indicateurs de santé, pour le sol plus particulièrement, et de certaines pratiques décroît l'hétérogénéité des données et ne favorise donc pas la mise en évidence de liens significatifs. Par ailleurs, l'échantillon étudié concerne des fermes se réclamant de l'agroécologie et avec des états de santé globalement bons et assez similaires –plus particulièrement pour la santé du troupeau- malgré des pratiques parfois variées. Un échantillonnage intégrant des fermes plus conventionnelles et avec des états de santé plus diversifiés pourrait permettre d'identifier plus facilement des pratiques de gestion favorables à la santé des fermes. Ces résultats préliminaires permettent toutefois de proposer des pistes de recherche, notamment pour la santé du sol et des prairies afin d'identifier des pratiques favorisant la santé.

4.2. *Importance de la cohérence du système dans la mise en œuvre de la santé des fermes*

Les trois systèmes décrits sont des systèmes possédant une production comprise entre 4400 et 5500 L/VL/an et s'appuie sur des périodes de pâturage d'environ 8 mois (230-240 jours) et une ration hivernale constituée de fourrages à base d'herbe. L'analyse de ces trois fermes, sur la base des trois types d'approche de la santé, met en évidence une cohérence entre conduites, fonctionnement de système, finalités et objectifs de santé. En effet, une diversité de pratiques peut amener à un même état de santé (certains sols sont en excellente santé avec ou sans hersage, avec des niveaux de fertilisations différents). A l'inverse une même pratique peut amener à des états de santé différents, comme c'est le cas pour la ferme E2 qui met en place une pratique de restriction de l'alimentation et a un état de santé dégradé alors que les autres élevages mettant en place cette pratique ont un état de santé bon. Le rôle de la cohérence du système sur l'état de santé de la ferme est mis en avant par les analyses des fermes du type 1 et 3. En effet, ces fermes montrent une cohérence avec des relations étroites entre prairies et troupeau et recherchent des pratiques de gestion et des compromis permettant de favoriser les deux santé et non l'une au détriment de l'autre. « *Conjuguer objectifs agricoles [production de lait, santé des animaux] et objectifs écologiques [fonctionnement des prairies]* » n'est d'ailleurs « *pas toujours simple* » pour l'un de ces deux éleveurs, il faut donc « *trouver le juste milieu* ». De plus, pour les deux fermes, les états de santé des troupeaux, prairies et sols sont qualifiés de « bons ». Cela se confirme par l'analyse de la ferme du second type, au sein de laquelle une intensification de la gestion des prairies, dans un objectif de production de lait et de rentabilité économique, est en défaveur de la cohérence du système (surpâturage, ferme fréquemment non autonome en fourrage) et se traduit par des santé des sols et des prairies moyennes.

4.3. *De la mise en expérimentation d'une pratique à un suivi de ferme : confrontation des résultats de l'expérimentation portant sur l'alimentation aux mesures sur le terrain*

L'expérimentation de la gestion de l'alimentation de type rationné a permis de mettre à l'épreuve de la mesure une pratique de gestion mise en place sur le terrain et liée selon les agriculteurs à la santé des troupeaux. Le suivi de fermes mettant en place cette pratique sur deux années peut permettre de dresser des tendances sur les hypothèses effectuées quant à la santé des troupeaux effectuant cette pratique QTR.

Cette confrontation des résultats de l'expérimentation à celles du terrain permet également d'étudier de manière plus approfondie les effets sur la santé. Ainsi, en plus des mesures de l'état nutritionnel présentées dans le chapitre 3 (NEC, BHB) des mesures supplémentaires présentes dans l'expérimentation précédente, ont été réalisées lors des visites sur les fermes. Ces mesures concernent notamment le glucose (sang) et l'urée (sang et lait). Les résultats de ces mesures ainsi que les données de santé du troupeau au bâtiment du chapitre 3 sont présentés dans le tableau 31. Dans ce tableau, la colonne Ration correspond à la pratique de gestion de l'alimentation mise en expérimentation, un oui signifiant que l'agriculteur la met en place.

Tableau 31 : Résultats des états nutritionnels mesurés sur les fermes, selon la méthode de rationnement hivernale des animaux

Code Ferme	Rationne.	Quantité fourrage (kg/vache/j)	Quantité concentré (kg/vache/j)	BHB (mmol/L)	Glucose (mmol/L)	Urée Lait	Urée sang (mmol/L)	NEC	Nombre total traitement allopathique par vache/an en moyenne	Nombre interventions vétérinaires par vache/an en moyenne	Taux de mortalité	% du troupeau ne possédant pas de boiterie	% du troupeau ne possédant pas de lésion	Production laitière par vache par an (kg de lait)	Quantité de concentré par L de lait produit (g/L)	Races principales
E1	Oui	13,3	3	0,406	3,67	185	4,17	3,1	0,10	0,10	2,00	95	67	5 600	161	Prim Holstein
E2	Oui	10,5	1	0,295	3,98	211	3,33	2,8	0,00	0,23	15,00	97,4	100	2 000	150	Montbéliarde
E3	Oui	12	1,5	0,478	3,44	252	3,29	3,6	0,02	0,09	3,00	100	100	3 000	150	Ferrandaise
E4	Non	14	3	0,673	3,66	195	2,69	3,8	0,70	0,11	6,00	100	60	4 400	205	Croisé Abondance-Tarine
E5	Non	A volonté (environ 15 kg)	3	0,630	3,14	158	1,1	3,3	0,04	0,24	4,00	100	100	4 400	165	Brune des Alpes
E6	Non	A volonté (environ 16kg)	5	0,690	3,50	243	3,28	3,5	1,50	0,10	2,00	96	93	5500	270	Simmentale, Prim Holstein
E7	Non	A volonté (environ 17kg)	3	1,123	3,16	263	3,86	3,6	0,80	0,09	2,00	89,1	99	6 500	139	Montbéliardes
E8	Oui	15	2	0,563	3,38	180	2,00	2,9	0,30	0,06	3,00	81	91	4 500	130	Prim Holstein
E9	Oui	14	0	0,401	2,89	205	2,7	3,5	0,50	0,06	0,00	100	100	4 600	0	Normande
E10	Non	A volonté (environ 14 kg)	1	0,388	3,55	143	1,8	3,2	0,38	0,13	1,00	100	84	3 500	86	Ferrandaise, Vosgienne, Abondance
E11	Non	A volonté (environ 14 kg)	0,5	0,632	4,08	210	3,7	3,8	0,55	0,16	0,00	100	88	4 800	31	Tarine

Les résultats observés sur les fermes montrent que lorsque cette pratique est mise en place le taux de BHB – des corps cétoniques- reste satisfaisant puisqu'il n'atteint pas le seuil d'alerte de 1,2 mmol/L (Duffield et al., 1997). La ferme ayant le taux le plus élevé de corps cétoniques et donc signe de mobilisation des réserves est observé pour la ferme E7 ne mettant pas en place cette pratique. Les taux de glucose rencontrés sur l'ensemble des fermes n'indiquent également pas de problème métabolique, les taux devant être compris entre 0,4 et 0,7 g/L (2,2 à 3,85 mmol/L) (Brugère-Picoux, 1995). Les recommandations fixent des taux d'urée du lait compris entre 200 et 250 mg (Hérichet & Le Clainche, 2008) ce qui est globalement respecté sur les fermes mettant en place une restriction de l'alimentation (-20 mg pour l'élevage E8) alors que des valeurs plus éloignées des recommandations sont observés sur les autres fermes (143 mg au minimum et 263 au maximum). De plus, les états corporels observés selon le stade de lactation (NEC) sont également satisfaisant pour l'ensemble des troupeaux.

Ainsi, alors que l'expérimentation a souligné l'intérêt de cette pratique pour la production laitière et l'économie des fermes, tout en émettant des réserves sur l'état nutritionnel des animaux, les mesures sur les fermes semblent montrer que cette gestion de l'alimentation n'impacte pas négativement la santé et plus particulièrement l'état nutritionnel des animaux. Cela peut être dû à des fourrages possédant des valeurs alimentaires particulièrement basses dans le cadre de l'expérimentation, ce qui pénalise plus fortement l'état nutritionnel des animaux. La gestion de l'alimentation reposant sur un accès restreint au fourrage semble donc intéressante pour de multiples volets de la santé de la ferme : concernant la production laitière (cette dernière ne semble pas être pénalisée significativement), la santé et l'état nutritionnel des animaux, les résultats financiers de la ferme (économie de fourrage et donc d'achats potentiels). Un suivi sur les fermes à plus long terme, voir une expérimentation longue (sur la totalité de l'hivernage et incluant la mise à l'herbe), permettant de limiter les effets des facteurs tels que la race ou le stade de lactation permettait de vérifier ces premiers résultats,

Conclusion

L'analyse des fonctionnements des fermes a permis de mettre en évidence une diversité de pratiques mises en place dans un objectif de santé de la ferme. Parmi elles, l'alimentation occupe une place centrale. Ainsi, une mise en expérimentation d'une pratique d'alimentation observée sur le terrain a permis de montrer, en accord avec notre hypothèse, qu'une réduction des quantités de fourrages distribués semble bénéfique à la santé de la ferme (intérêt économique sans impacter significativement les rendements laitiers) mais dont les impacts à long terme sur la santé animale doivent être vérifiés. Cette étude du fonctionnement des systèmes a également permis de mettre à jour le rôle clé de la cohérence du système afin de favoriser la santé de la ferme.

Discussion générale



Source : personnelle

L'objectif général de cette thèse est de formaliser une méthodologie, tournée vers l'action, pour caractériser une approche globale de la santé à l'échelle de la ferme, en analysant conjointement le point de vue académique et le point de vue des éleveurs.

Nous avons, dans un premier temps, réalisé une analyse de la littérature et conduit des entretiens auprès de 11 éleveurs se revendiquant de l'agroécologie (chapitre 2). Cela nous a permis de concevoir un cadre théorique d'analyse de la santé des fermes et de le compléter avec le regard des éleveurs en agroécologie. Ces résultats ont mis en avant l'utilisation, par les éleveurs, de définitions et indicateurs en partie différents de ceux rapportés dans la littérature scientifique. Dans un deuxième temps (chapitre 3), nous avons mis en place un double protocole de mesure des indicateurs de la santé des fermes, qui intègre d'un côté les indicateurs du monde académique et de l'autre ceux des éleveurs, sur les 11 fermes suivies afin de quantifier la santé des fermes. Cette application a mis en évidence des états de santé globalement satisfaisants sur les fermes de l'échantillon et des similitudes dans les conclusions globales de l'état de santé entre le protocole académique et le protocole des agriculteurs, plus particulièrement en ce qui concerne la santé des troupeaux. Dans un troisième temps (chapitre 4), nous avons étudié l'effet de certaines pratiques de gestion sur la santé des troupeaux, des prairies et des sols. Plus particulièrement, nous avons mis en avant le rôle de certaines pratiques de gestion concernant l'alimentation (l'une d'entre elles a été testée au sein d'une expérimentation), ainsi que l'importance de la cohérence du système (technique et social) pour les fermes possédant un bon état de santé.

Cette discussion est organisée en cinq parties, dans un premier temps nous discutons de la pertinence de notre échantillon pour dresser un premier cadre d'analyse de la santé des fermes et apporter des références supplémentaires pour favoriser la transition agroécologique. Dans un second temps nous revenons sur la notion de santé, ses limites mais également l'intérêt de son application à l'échelle de la ferme et les perspectives offertes par cette notion. Puis nous discutons de l'intérêt de la méthodologie d'enquête déployée dans cette thèse, qui associe approche systémique et pragmatisme. Dans une quatrième partie, nous revenons sur l'intérêt de combiner des indicateurs académiques et des agriculteurs pour caractériser la santé des fermes. Dans une dernière partie, nous montrons l'apport de ce travail pour proposer des nouvelles manières de conduire des recherches en zootechnie.

1. Retour sur l'échantillonnage : intérêt de l'agroécologie pour étudier la santé et apports de références à la transition agroécologique

Nous avons fait le choix, pour construire cette méthode, de travailler sur des **systèmes agroécologiques**, ces systèmes offrent une réponse possible pour faire face aux enjeux auxquels l'élevage est confronté. L'agroécologie est définie comme une discipline scientifique, un ensemble de pratiques et un mouvement social (Wezel, 2009). Outre la mise en place de certaines pratiques comme l'utilisation de races adaptées, le recours à des médecines alternatives, l'augmentation de la diversité des espèces prairiales, l'adaptation du chargement au pâturage etc., (Dumont et al., 2013), la transition agroécologique s'accompagne d'un changement de vision du monde (Rigolot, 2017; Cayre et al., 2018). Ainsi le rapport Homme-Nature évolue : il ne s'agit plus de contrôler la nature mais de piloter un système complexe en s'appuyant sur le potentiel écologique local (Cayre et al, 2018). Afin de construire une

méthodologie permettant de caractériser la santé globale à l'échelle de la ferme, il a été nécessaire de s'appuyer sur des éleveurs qui se sont déjà questionnés sur cette notion de santé afin de pouvoir apporter des éléments complémentaires de définition et proposer des indicateurs. Le changement de vision du monde induit lors de la transition agroécologique est donc particulièrement **adapté pour répondre à l'objectif de construction d'un cadre de santé.**

Par ailleurs, du fait d'un manque de littérature sur l'identification concrète de ce qu'est une ferme agroécologique, il est difficile aujourd'hui de définir si une ferme est agroécologique ou non sur le terrain. Est-ce un ensemble de pratiques relevant de l'agroécologie ? est-ce l'apparition d'une ontologie ? Face à ce manque de références, nous avons inclus au sein de notre échantillon des agriculteurs qui se réclament de l'agroécologie, qui mettent en place des systèmes herbagers et économes en intrants afin de faire écho aux principes de l'agroécologie définis dans la littérature scientifique. Mais qu'en est-il réellement ? Notre échantillonnage peut-il être qualifié d'agroécologique ?

La mise en place de pratiques préservant la biodiversité et s'appuyant sur les processus écologiques pour diminuer les intrants ainsi que l'évolution de la vision du monde se retrouvent bien au sein des 11 élevages suivis. L'analyse de notre échantillon montre que nous avons des systèmes agroécologiques, avec une évolution des types 1 et 2, identifiés au sein du chapitre 1, vers le type 3 (figure 32).

3 types de cadre de santé identifiés, liens avec l'agroécologie

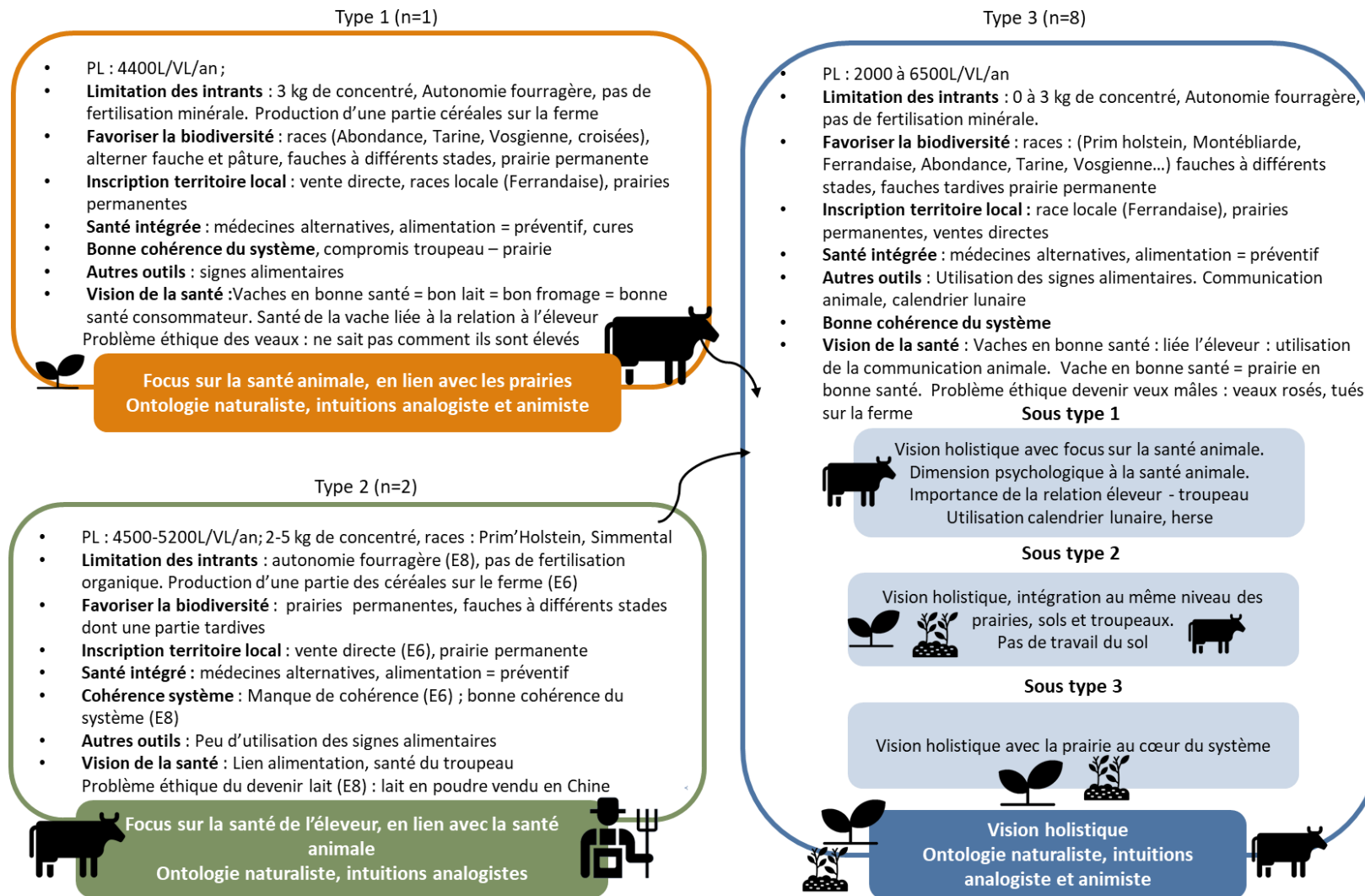


Figure 32 : typologie des fermes et lien avec l'agroécologie

Les résultats technico-économiques des fermes suivies montrent qu'il s'agit de systèmes peu intensifiés, plus particulièrement sur la production laitière puisque la médiane de production est de 4500 l/vache/an –pour une plage de production comprise entre 2000 et 6500 alors que la moyenne française est de 8707 kg en 2020 (données issues du contrôle laitier, Institut de l'élevage, 2021). Outre cette faible intensification à l'échelle de l'animal et les résultats technico-économiques observés, des pratiques relevant de l'agroécologie, d'après la littérature (Dumont et al., 2013 ; Wezel & Peeters, 2014), sont également mises en place sur les fermes. Ainsi la santé animale est gérée de manière intégrée, certains éleveurs choisissent des races rustiques, adaptées à l'élevage à l'herbe (Ferrandaise, Vosgienne, Tarine, Abondance...). Ils utilisent régulièrement des médecines alternatives (aromathérapie, phytothérapie, homéopathie...). Ces systèmes s'appuient également sur les potentialités du territoire : certaines races sont locales (exemple de la Ferrandaise), la part de prairies permanentes au sein du système fourrager est élevée (86% en moyenne) et si certains éleveurs cultivent du méteil, aucun ne cultive du maïs. Afin de valoriser la biodiversité de ce milieu, les éleveurs cherchent à maintenir la biodiversité des prairies grâce à la mise en place d'un chargement du pâturage adapté (à l'exception de 2 fermes qui sur-pâturent), et des fauches tardives. Une limitation de l'utilisation des intrants est également observée. Ainsi la fertilisation est uniquement organique, avec en moyenne 60 unités d'azote par hectare, les bilans fourragers indiquent une autonomie pour 9 fermes sur 11 et une faible quantité de concentré par litre de lait produit (135g/L de lait en moyenne alors que la plupart des élevages dépassent les 200g/L de lait). La diminution de l'utilisation des intrants est également favorisée par l'élevage des veaux sous la mère, (pratiquée par 7 éleveurs), ce qui évite l'achat de lait en poudre.

Les indicateurs et outils utilisés par les agriculteurs évoluent également vers l'observation de l'animal et de ses signes dans l'ensemble des fermes. Plus particulièrement les signes alimentaires référencés par la méthodologie Obsalim® sont observés par 7 éleveurs de l'échantillon, appartenant au 3 types identifiés dans le Chapitre 1 (figure 32). D'autres outils, tels que la communication animale sont utilisés par 6 éleveurs, appartenant tous au type 3. L'animal n'est plus considéré uniquement comme un outil de production mais comme un être vivant à part entière à qui il faut « *expliquer ce qui se passe* ». Cet outil est notamment utilisé pour prévenir les vaches d'une séparation avec les veaux ou encore avant qu'elles partent à l'abattoir.

Une évolution du rapport Homme-Nature et des changements de vision du monde est bien perçue (figure 32). En effet, l'ontologie naturaliste (Descola, 2005), ontologie dominante dans le monde occidental, propose de séparer l'être humain de la nature, l'être humain dominant. Or, à cette ontologie s'ajoutent des intuitions analogistes, c'est-à-dire avec une présence de liens entre les entités, les pôles de santé. Un changement de rapport à l'animal, correspondant à l'apparition d'intuition animiste (Descola, 2005), ontologie qui confère à la nature, aux plantes et aux animaux la même intériorité que l'être humain, est également observé.

L'ensemble de ces éléments, à savoir des systèmes utilisant peu d'intrants, favorisant la diversité, mettant en place des pratiques favorisant l'autonomie et la préservation de la diversité, une évolution des outils utilisés ainsi qu'un changement de vision du monde confirme que ces éleveurs sont en agroécologie. Un cheminement au sein de cette transition est identifié entre les trois types. Ainsi, les éleveurs du type 2 cherchent à favoriser la santé de l'éleveur, la santé économique de la ferme mais également l'autonomie de la ferme et à diminuer les intrants. Ils sont engagés dans la transition agroécologique et ont un niveau d'intensification relativement faible mais ce cheminement aussi bien technique que personnel est à ses prémices et ne conduit pas à un véritable changement de paradigme. L'évolution des outils se traduit par l'observation des signes alimentaires et du comportement du troupeau. A l'ontologie naturaliste s'ajoutent des intuitions analogistes avec une présence de liens entre les entités, les pôles de santé : la santé animale est liée à l'alimentation, l'asphyxie du sol entraîne une

moins bonne pousse de l'herbe et donc une moins bonne valorisation par les vaches. La santé de l'éleveur est donc utilisée comme clé d'entrée au déploiement d'une vision holistique.

L'éleveur du type 1 partage un niveau d'intensification faible et est autonome en fourrage. Il observe également les signes alimentaires. La vision holistique est présente avec un lien entre l'alimentation la santé du troupeau et l'impact de cette dernière sur le lait, les fromages et la santé du consommateur. En plus des intuitions analogistes présentes la vision de l'animal évolue avec une nouvelle considération qui fait que certaines vaches sont gardées plus longtemps, par affection et que le devenir des veaux mâles posent un problème éthique à l'éleveur. En effet, alors qu'il maîtrise le fonctionnement de son système, le devenir de ses vaches et de ses veaux mâles le questionne : « *au niveau éthique, y'en a une partie qui part on ne sait où, enfin, Espagne ou Italie, mais après, on sait pas comment ils sont élevés et tout...* ». Ce changement de rapport à l'animal correspond à l'apparition d'intuition animiste (Descola, 2005).

Les 8 éleveurs du type 3, outre la mise en place de systèmes peu intensifs et autonomes utilisent comme outil l'observation des signes alimentaires mais également la communication animale. Les ontologies analogistes et animistes sont particulièrement développées. Ainsi, « *le sol, les plantes, le troupeau et l'éleveur sont liés* ». En outre, le développement d'intuition animiste se traduit par l'utilisation de la communication animale et l'établissement de « *deal avec les animaux* ». Si les animaux doivent ainsi « *être autonomes* », les prairies doivent être « *autofertiles* » et « *en capacité de se régénérer* ». Le changement de vision du monde soulève des problèmes éthiques pour ces éleveurs, notamment concernant le devenir des veaux mâles. Plusieurs conduites et pratiques sont mises en place face à ce problème : certains engraisent des veaux pour les vendre en caissette (veaux rosés), d'autres mettent en place des lactations longues afin de réduire leur nombre. Au sein de ce type, plusieurs sous-types peuvent être identifiés : certains se focalisent plus particulièrement sur le troupeau et notamment son alimentation, d'autres mettent la prairie au cœur du système. Un dernier sous-type correspond à la vision holistique la plus développée en prêtant une attention particulière aux prairies et aux troupeaux mais également aux sols (figure 32).

Sur les fermes, la mise en œuvre de l'agroécologie se traduit par une évolution technique mais également un cheminement plus personnel. Au fur et à mesure de l'avancée vers un système agroécologique, de nouveaux outils sont utilisés, une vision holistique se développe et de nouvelles intuitions ontologiques apparaissent. Si en début de transition c'est l'ontologie naturaliste qui domine, les ontologies analogiste puis animiste apparaissent.

Le choix de se focaliser sur des systèmes agroécologiques soulève également des limites. En effet, ce choix pose des problèmes pour valider le cadre d'analyse puisque toutes les fermes ont des états de santé sont globalement satisfaisants, aussi bien pour les indicateurs académiques que ceux des éleveurs, ce qui limite l'intérêt de comparer ces deux cadres (chapitre 3). Cette limite est plus forte dans l'étude des liens entre pratiques de gestion mises en place et états de santé, puisque les états de santé mesurés sont globalement similaires, malgré une diversité de pratiques de gestion (chapitre 4). Il est donc important afin de valider la méthodologie, de s'appuyer sur un échantillon de fermes plus grand et d'étendre l'étude à des agriculteurs conventionnels afin de vérifier que la méthode déployée est bien sensible (discrimine bien les différences de santé) et spécifique (un même adjectif d'état de santé correspond bien à des valeurs de santé proches).

2. La notion de santé : des perspectives pour accompagner et repenser l'élevage

La notion d'une approche globale de la santé en agriculture a été abordée au sein de l'approche de santé unique, développée par Duru et Théron (2018), et sur laquelle nous nous appuyons. Cependant il s'agit d'un cadre conceptuel qui n'a pas été mis en œuvre à l'échelle de la ferme et qui ne propose donc pas d'indicateurs permettant de mesurer concrètement la santé d'une ferme. Dans cette thèse, **nous avons pu proposer un cadre théorique d'une approche globale de la santé de la ferme (chapitre 2) ainsi qu'une série d'indicateurs académiques et du terrain, permettant de la mesurer (chapitre 3)**. Ainsi, si les approches globales de la santé ne cessent de se développer (Lerner and Berg, Morand et al., 2020), et leurs définitions, comme celle de One Health, d'évoluer (OHHLEP, 2021), c'est la première fois qu'une approche globale de la santé est réellement utilisée à l'échelle de la ferme. Ce concept a permis de déployer un regard systémique intégrant les sols, les prairies et les troupeaux. Si la santé de l'éleveur n'est pas intégrée au sein de cette analyse, une évaluation a été réalisée en parallèle par des chercheurs en psychologie.

La notion de santé continue de faire débat au sein de la communauté scientifique, plus particulièrement la santé des écosystèmes et ainsi des sols et des prairies (Janzen et al., 2021 ; Giraudoux, 2022). La littérature met plus particulièrement en avant un manque de consensus sur les moyens opérationnels de mesure, sur le nombre d'indicateurs pertinents pour caractériser la santé des sols ou des prairies (Baveye, 2021). Ce travail a notamment permis de pallier ce manque en apportant **des éléments de définition et de mesure de la santé des prairies**. Pour cela, nous avons fait le choix d'évaluer la santé des prairies en nous appuyant sur une typologie et non sur des mesures réelles. La mise en place de mesures directes de santé des prairies a débuté lors de ce projet (valeur nutritionnelle des foin sur les parcelles suivies, d'herbe sur pied lors du pâturage (typage des prairies selon la typologie multifonctionnelle des graminées fourragères (Cruz et al., 2010), observation de la proportion graminées / légumineuses / diverses) mais dont l'analyse est rendue complexe du fait notamment de stades de récoltes différents selon les pratiques mises en place. Ce travail de mesure de la santé des prairies nécessite donc d'être poursuivi et renforcé. Par ailleurs, les sols des prairies font l'objet de peu de travaux, notamment en lien avec le système, alors qu'il s'agit d'un enjeu essentiel de l'agriculture et de l'élevage (érosion, perte de matière organique et, pour les élevages plus particulièrement, lessivage de l'azote dans l'environnement). Ces résultats préliminaires permettent donc **d'apporter à la littérature scientifique des références sur la santé et le fonctionnement des sols**, notamment concernant les indicateurs biologiques (statut organique) pour lesquels les références en fonction des types de sols manquent (Piutti, 2021).

Par ailleurs, outre des apports théoriques, la notion de santé est utile pour étudier des fermes sur le terrain. En effet, il s'agit d'une **notion qui parle sur le terrain (à l'exception de la santé du sol) et qui permet donc de dialoguer avec les agriculteurs**. Nous avons ainsi pu identifier trois types de définition à partir de 11 éleveurs de l'échantillon. La taille de l'échantillon limite la robustesse des résultats, cependant la mise en œuvre de l'entretien auprès de 7 éleveurs supplémentaires (bovins lait mais aussi petits ruminants), se réclamant également de l'agroécologie a permis de renforcer ces types. Parmi ces 7 éleveurs, 3 appartiennent au type 1, et 4 autres au type 3.

La santé permet donc de porter un autre regard sur les fermes. En effet, alors que les approches d'analyse de systèmes s'appuient en grande partie sur des indicateurs de performance, les objectifs des agriculteurs peuvent être multiples et reposer sur d'autres entrées que la performance de production (autonomie, santé des animaux...). **L'utilisation de la notion de santé comme clé d'entrée à l'analyse des systèmes permet de porter un autre regard sur les fermes, notamment en intégrant mieux les liens**

Homme-Nature, et de montrer la cohérence des systèmes. Ainsi certaines fermes possèdent des taux de mortalité des vaches et/ou des veaux élevés qui ne témoignent pas uniquement d'un état sanitaire mais également de décisions d'éleveurs. Certains ne souhaitent pas mener les vaches à l'abattoir et les « *autorisent certaines vaches à mourir (de vieillesse) sur la ferme pour les remercier* ». Le devenir des veaux mâles pose également un problème éthique pour plusieurs éleveurs. Cette inclusion d'objectifs supplémentaires à la production et propres aux agriculteurs ainsi que de leurs savoirs permet de proposer de nouvelles marges de manœuvre pour l'évolution des systèmes agricoles. Dans le cas présent, les objectifs propres aux agriculteurs identifiés sont en partie dus au choix de travailler avec des éleveurs se réclamant de l'agroécologie, un échantillonnage réalisé dans un autre contexte (autre mode de conduite, autre localisation géographique...) aurait pu amener à l'identification d'autres objectifs. La notion de santé permet ainsi de répondre aux enjeux de l'élevage en intégrant la totalité des objectifs des agriculteurs et prenant ainsi en considération des enjeux comme le réchauffement climatique. La notion de santé permet également de mettre en évidence la cohérence du système, cette dernière favorisant la santé.

Le choix de l'échantillonnage conforte l'hypothèse selon laquelle l'agroécologie favorise la santé des fermes. En effet, pour les troupeaux plus particulièrement, les états de santé mesurés – à l'exception d'un élevage- sont bons et sont en accord avec la littérature qui fait le lien entre augmentation du niveau de production et état sanitaire des troupeaux, notamment à partir d'un niveau de production de l'ordre de 7000L/vache/an (selon D. Grancher, communication personnelle, 8 septembre 2020). L'analyse de la méthodologie déployée possède des limites notamment dans les choix des indicateurs (l'étude de systèmes conventionnels auraient sûrement amené à intégrer des indicateurs supplémentaires comme l'utilisation de vermifuges par exemple) et de l'agrégation (pondération et compensation). Il s'agit de résultats préliminaires qui nécessitent d'être validés par des experts. La constitution et la taille de l'échantillon (11 fermes) constitue une seconde limite. Ce cadre est applicable à d'autres systèmes de productions (conventionnels, petits ruminants laitiers, élevage allaitant, céréaliers) qui auraient donc amenés à d'autres états de santé.

3. Une méthodologie d'enquête qui combine approche systémique et pragmatisme

Dans notre travail, nous avons développé et éprouvé une méthodologie d'enquête combinant l'approche systémique et le pragmatisme. En effet, l'approche systémique et notamment l'AGEA, que nous avons mobilisée, perçoit l'exploitation agricole comme un système finalisé et contrôlé, piloté par un agriculteur, c'est-à-dire un ensemble complexe d'éléments en interaction dynamique, organisé en fonction d'un objectif (Le Moigne 1990 ; de Rosnay 1992). Pour décrire les fermes, elle distingue le système de production, le système de décision, l'environnement social, économique et environnemental de l'agriculteur. Elle cherche également à comprendre les interrelations. Toutefois, si l'approche systémique est utile, elle n'est pas suffisante pour comprendre la complexité du mode de pensée des agriculteurs. L'AGEA ne parvient pas totalement à intégrer ou prendre au sérieux la manière dont les éleveurs comprennent le monde et y agissent. L'AGEA ne dispose pas dans son dispositif de mesure et d'analyse les outils pour intégrer ce qui s'élabore tout au long des expériences quotidiennes des éleveurs et qui participent à leur manière de faire.

La rationalité de l'AGEA est ainsi profondément influencée par une conception moderne de la relation entre les êtres humains et tous les autres êtres qui nous entourent, c'est-à-dire par le naturalisme Descola (2005). La nature est alors scindée entre une réalité objectivable et mesurable – par la science - et une perception humaine, incapable de rendre compte de cette réalité. La science s'est alors imposée pour comprendre et interpréter la réalité en écartant d'autres modes de compréhension et ce qui lui échappait. Ainsi, certaines métriques des éleveurs, entités immatérielles auxquelles ils croient échappent à la compréhension et au rationalisme scientifique et ne peuvent pas être intégrées dans l'analyse des exploitations agricoles. Les connaissances produites par la science constituent une manière spécifique d'observer, de décrire, de construire et de comprendre la réalité.

L'anthropologie a montré qu'il existe d'autres conceptions ontologiques, d'autres manières de définir des relations Homme-nature. Ces ontologies ont été plus particulièrement développées au sein de communautés indigènes (Manuel-Navarette et al., 2004 ; Aikenhead et Ogawa, 2007 ; Kealiikanakaoleohaililani et Giardina, 2016...). Pourtant, les enquêtes pragmatistes réalisées auprès des éleveurs de notre échantillon mettent à jour une diversité de manières de comprendre la réalité, d'éprouver les relations aux vivants dans un système de production. Ces ontologies « indigènes » ne sont pas une spécificité de ces peuples et doit donc être intégrée dans les analyses des systèmes agricoles. Ces enquêtes montrent que l'interprétation de la réalité et les manières d'agir peuvent emprunter à différentes ontologies où s'entremêlent naturalisme, animisme et analogisme. Cette diversité des rapports à la nature est proche des observations faites par Foyer et al. (2020) auprès de vignerons en biodynamie. Foyer (2018) introduit la notion de « syncrétisme » pour décrire comment certains agriculteurs sont capables de combiner différentes ontologies et visions du monde dans leurs pratiques agricoles. En particulier il montre comment les savoirs empiriques fondés sur certaines croyances sont mis à l'épreuve de la méthode scientifique afin de les rendre légitimes dans un monde naturaliste et inversement, comment ils mobilisent des savoirs scientifiques « naturalisés » au service de ce à quoi ils croient.

La combinaison de deux manières de comprendre et d'interpréter le monde, l'AGEA et le pragmatisme, permet de révéler différentes cohérences du système. D'une part, la cohérence technique, productive : le système réalise-t-il les productions attendues en quantité, en qualité, en régularité ? D'autre part, la cohérence ontologique : quelle est la cohérence entre la relation de l'agriculteur à la nature, ce qu'il met en place et en référence à quels indicateurs ? Ainsi, la combinaison entre l'AGEA et pragmatisme nous a permis de mettre en évidence l'existence de rationalités différentes de celle du monde académique, parfois hybrides, chez certains éleveurs et donc mieux comprendre leur système. En effet, dans le cas de la ferme E2, le taux de mortalité des vaches est de 15% et semble indiquer un problème de santé apparemment sévère. Or, c'est l'agriculteur qui décide, de ne pas emmener les vaches à l'abattoir mais plutôt de « leur laisse le droit de mourir sur la ferme ». Cette décision constitue une partie intrinsèque de son système d'élevage. Ainsi, si les sciences animales apportent une bonne connaissance globale des systèmes et sont nécessaires, elles restent incomplètes pour appréhender toutes les dimensions complexes d'un système de production. Elles doivent évoluer et s'appuyer sur de nouvelles combinaisons d'indicateurs en intégrant ceux des éleveurs qui s'élaborent dans leurs expériences du quotidien, elles doivent intégrer d'autres dimensions essentielles que soulève l'agroécologie, tel que les rapports aux vivants, les manières de comprendre le monde au-delà des seules pratiques scientifiques en se référant aux ontologies notamment. Et ce d'autant plus que les connaissances nécessaires en agroécologie sont considérées comme devant être co-construites par les agriculteurs et la recherche (Utter et al., 2021 ; Frank et al., 2022).

4. Combiner les indicateurs académiques et des éleveurs : une nécessité pour aller vers l'action

4.1. *D'autres études s'intéressent aux définitions et indicateurs de la santé, selon les agriculteurs*

Face au développement des approches de santé certains auteurs se sont interrogés sur le manque d'adoption de pratiques de gestion favorisant la santé, notamment celle des sols. Reconnaisant que les agriculteurs ont leur propre définition de la santé, leur propres métriques, ces auteurs (Bagnall et al., 2020) ont mis en avant la nécessité de mesurer la santé des sols grâce à des éléments qui sont parlants pour les agriculteurs et les parties prenantes. Ils ont recueilli des données auprès de deux groupes de céréaliers du Texas, qui avaient adopté ou non des pratiques favorisant la santé des sols. L'analyse des enquêtes a révélé que la santé du sol était un élément important dans la gestion des sols par les agriculteurs (Bagnall et al, 2020), contrairement à notre échantillon où seulement une partie des agriculteurs enquêtés définit la santé des sols. Les céréaliers s'intéressant plus au sol, la notion de santé est donc plus développée. Toutefois, malgré une différence d'attention portée au sol, **les indicateurs d'évaluation de la santé utilisés par les céréaliers américains sont également utilisés par les éleveurs de nos enquêtes.** Ces indicateurs concernent la gestion de l'eau, la matière organique, le rendement et la biomasse.

Alors que la littérature référence des travaux portant sur la perception de la santé des sols par les agriculteurs, il n'en va pas de même pour la santé des prairies et la santé animale. En effet, concernant la santé animale, la définition est communément admise par la communauté scientifique et semble généralement en accord avec la vision des éleveurs. Les études portant sur la santé animale au sein des élevages s'intéressent plutôt aux pratiques de gestion mises en place par les agriculteurs. La santé des prairies étant quasiment absente de la littérature scientifique, à notre connaissance, aucune étude portant sur la vision de cette santé par les agriculteurs n'a été conduite.

4.2. *Indicateurs académiques versus indicateurs des éleveurs, spécificités des deux protocoles*

Dans notre étude, les deux diagnostics du système d'alimentation utilisés reposent sur des approches différentes mais qui nécessitent toutes une appropriation par l'utilisateur. Par exemple, dans le protocole académique, il faut se familiariser avec les grilles de notation de l'état corporel qui nécessitent notamment un positionnement précis des deux mains sur l'animal et une évaluation de l'adhérence de la peau (Petit et Agabriel 1993 ; Hulsén, 2005 ; Commun et al., 2016). Il en est de même pour la notation de l'état de propreté des animaux, la notation des boiteries ou encore l'identification des plantes prairiales. L'appropriation de ces repères peut prendre du temps car ils reposent sur l'aspect visuel des animaux, leur toucher et par la reconnaissance d'un nombre important d'espèces végétales. Par ailleurs, l'appropriation des résultats des analyses de sols nécessitent également des connaissances agronomiques, et des repères spécifiques sur les différentes mesures. Pour le protocole s'appuyant sur les indicateurs des agriculteurs, des formations à l'utilisation de certains indicateurs sont également nécessaires. C'est en particulier le cas pour l'identification des signes utilisés pour le diagnostic d'alimentation qui nécessite une certaine finesse d'observation (Michaud et al., 2019). Par ailleurs, tout

comme pour les résultats du protocole académique, l'interprétation des observations constitue une étape complexe et essentielle du diagnostic.

L'appropriation des protocoles peut également passer par des formations -comme pour le protocole Welfare Quality®, qui en plus de prendre du temps, ont un coût financier. En outre, le coût de mise en place du protocole académique est limitant du fait de nombreuses analyses de sol, de lait, et de la réalisation de diagnostic prairiaux par des experts lorsque l'utilisateur ne possède pas les compétences. En revanche, aucune analyse de laboratoire payant n'est nécessaire pour le protocole issu du terrain.

Les deux protocoles répondent également à des temporalités différentes. En effet, les agriculteurs souhaitent pouvoir réaliser des diagnostics et des évaluations nécessitant un délai d'analyse et de résultats courts afin de pouvoir ajuster leurs pratiques sans attendre. Un diagnostic donnant un résultat immédiat permet également de discuter directement avec l'éleveur des conclusions observées, et des éventuels ajustements à réaliser. Le protocole académique implique une temporalité plus longue, notamment du fait d'un nombre important d'analyses devant être réalisées par des laboratoires (analyses physico-chimiques des sols, analyses de sang, coproscopies...) et qui ont des temps d'analyse longs (plusieurs semaines à quelques mois). Cette temporalité étant une contrainte pour les agriculteurs, cela explique également pourquoi certains indicateurs académiques ne sont pas utilisés par les agriculteurs.

4.3. Une double imprégnation des métriques

La mise en œuvre distincte des deux protocoles académiques et des éleveurs a conduit à l'identification d'indicateurs utilisés par les agriculteurs mais non référencés par la littérature scientifique. Les indicateurs qui conduisent au même diagnostic de santé que ce de la littérature pourrait donc être intégré afin de compléter les diagnostics académiques. En effet, ces indicateurs étant fondés essentiellement sur l'observation et parlant au terrain, leur utilisation favorisera le dialogue entre terrain et monde académique et permettra pour les instituts techniques de bénéficier d'éléments supplémentaires dans l'accompagnement des éleveurs.

La mise en œuvre du protocole académique pendant 2 ans a également permis de mieux expliquer les indicateurs académiques, les références et les résultats observés sur les fermes. Cela a amené certains éleveurs à s'approprier des indicateurs du monde académique qu'il n'utilisait pas auparavant. Alors que les résultats d'analyses de fourrages n'étaient pas compréhensibles pour un grand nombre d'éleveurs enquêtés, à la suite de la transmission des résultats d'analyse et à des échanges certains agriculteurs ont été en mesure de s'approprier ces indicateurs et de les utiliser ensuite.

4.4. Mise en œuvre de cette combinaison de métriques au sein d'une expérimentation

Au chapitre 3, nous avons mis à l'épreuve de la mesure en conditions expérimentales, une pratique de gestion de l'alimentation mise en place par certains éleveurs. Les résultats présentés dans la publication s'appuient uniquement sur des indicateurs académiques. Lors de l'expérimentation, les agriculteurs ont été impliqués dans l'élaboration du protocole et dans les mesures : ils ont mis en place les indicateurs qu'ils utilisent couramment pour évaluer l'état nutritionnel des animaux ainsi que la capacité de fermentation du lait. Ainsi, des mesures de comportement du caillé et le diagnostic d'alimentation s'appuyant sur les signes alimentaires (description des indicateurs en partie 3.1 du chapitre 2) ont été

réalisées, en plus des indicateurs déjà répertoriés dans l'article présenté dans le chapitre 3. Nous précisons maintenant les résultats des mesures sur le comportement du caillé et sur le diagnostic de l'alimentation.

Comportement du caillé

Nous avons réalisé aux semaines 3-6-9 de l'expérimentation des prélèvements de lait individuel sur les 27 vaches. Ces échantillons ont été conservés à température ambiante pendant deux semaines avant évaluation du comportement du caillé. Le tableau 32 présente les résultats des observations.

Tableau 32 : résultats des comportements des caillés lors de l'expérimentation (AL = ad libitum ; QR = restriction de la quantité de fourrage ; QTR = Restriction de la quantité de fourrage et du temps d'accès à la ration)

	AL	QR	QTR
Caillé qui se tient	9	4	6
Caillé qui se tient, avec du lactosérum	25	34	35
Caillé qui s'effrite	20	16	13

Un test de Chi-2 d'indépendance a été réalisé sur R (R, Core Team, 2018) en utilisant la fonction `chisq.test`. La p-value obtenue est de 0,245, ce qui signifie que la restriction de la quantité de fourrage n'affecte pas significativement le comportement du caillé du lait. Ce résultat est en adéquation avec les résultats de lactofermentations qui n'indiquent pas d'effet de la restriction des quantités de fourrage sur les capacités de fermentation du lait.

Diagnostic de l'alimentation

Chaque semaine, un diagnostic de l'alimentation basé sur l'observation des signes alimentaires est réalisé sur les trois lots. Ce diagnostic détermine un état d'engraissement du troupeau selon la classification suivante : 0 côte pincée (vache grasse, pour les agriculteurs), 1 côte pincée (vache en état corporel correct, pour les agriculteurs), 2 côtes pincées (vaches en état corporel correct mais au-dessous duquel il ne faut pas descendre, pour les agriculteurs). Le tableau 33 présente les résultats d'états d'engraissement en début et en fin d'expérimentation.

Tableau 33 : résultats des états d'engraissement, selon les agriculteurs, entre les lots AL (à volonté), QR (restreint en quantité de fourrage), QTR (restreint en quantité de fourrage et en temps d'accès à la ration)

Lot	Début d'expérimentation			Fin d'expérimentation		
	AL	QR	QTR	AL	QR	QTR
0 côte pincée	2	4	4	0	3	1
1 côte pincée	6	4	4	7	5	5
2 côtes pincées	1	1	1	2	1	3

La comparaison des états d'engraissement initiaux et finaux montre que les états d'engraissement des vaches des lots AL et QR sont relativement stables. En revanche, dans le lot QTR, alors que 4 vaches avaient 0 côte pincée en début d'expérimentation, 1 seule possède cet engraissement en fin d'expérimentation. Le nombre de vaches possédant 2 côtes pincées au sein du lot QTR a également augmenté entre le début et la fin de l'expérimentation (1 à 3). Ces résultats semblent donc indiquer une perte d'état, en adéquation avec les résultats académiques démontrant une NEC plus faible pour le lot QTR que pour les deux autres lots, mais sans perte significative de poids. Cependant, pour les

agriculteurs, il ne s'agit pas d'une perte d'état d'engraissement significative puisque, l'état d'engraissement « 2 côtes pincées » est toujours « satisfaisant ».

Ce diagnostic porte sur l'alimentation en évaluant si tous les animaux ont accès de la même façon à la même ration et si cette ration est à ajuster ou pas (tableau 34). Ce diagnostic, décrit dans le chapitre 3, se compose de trois étapes 1) recherche d'homogénéité du troupeau (au moins les $\frac{3}{4}$ du troupeau) ; 2) si troupeau homogène : l'outil Obsalim® est appliqué afin de repérer des signes individuels sur les animaux ; 3) les signes présentés dans l'étape 2 servent pour l'analyse de l'équilibre de la ration et de l'efficacité du rumen.

Tableau 34 : résultats du diagnostic d'alimentation mis en place par les éleveurs, appliqué aux lots AL (à volonté), QR (restriction des quantités de fourrage) et QTR (restriction des quantités de fourrages et du temps d'accès à la ration)

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Lot AL	Homogénéité troupeau	non	non	non	non	non	non	non	non	non
	Signes Obsalim®									
	Efficacité du rumen									
Lot QR	Homogénéité troupeau	non	non	non	non	non	non	non	non	non
	Signes Obsalim®									
	Efficacité du rumen									
Lot QTR	Homogénéité troupeau	non	non	non	non	non	oui	oui	oui	oui
	Signes Obsalim®						pH, bouses collantes, robe déstructurée, congestion pied	pH, bouses collantes, robe déstructurée, écoulement nez	pH, bouses collantes, robe déstructurée, écoulement nez	pH, bouses collantes, écoulement nez
	Efficacité du rumen						instabilité : excès de fibre	instabilité : excès de fibre	instabilité : excès de fibre	instabilité : excès de fibre

Le diagnostic d'alimentation des éleveurs, mis en place chaque semaine, indique que les vaches des lots QR et QTR ne sont pas homogènes du point de vue de leur comportement (elles ne font pas la même chose, par exemple manger, en même temps), leur état d'engraissement et de la propreté et bouses. Cela signifie pour les éleveurs qu'il n'est pas possible de poursuivre le diagnostic car le rumen n'est pas forcément stable. Des éléments structurels et organisationnels, comme l'accès à la ration de la même manière, dans le même temps et en tranquillité, doivent être réglés dans un premier temps. Les vaches du lot QTR deviennent homogènes à partir de la semaine 6 de l'expérimentation. Il est alors possible de passer à l'étape des signes, qui s'appuient sur Obsalim® afin de rééquilibrer, si besoin, la ration pour s'adapter au mieux aux animaux et à leurs besoins. Dans le cas présent, le diagnostic alimentaire conclut que la ration doit être rééquilibrée en raison des excès de fibres. Ce diagnostic d'alimentation indique, pour les éleveurs, que les animaux du lot QTR ont un rumen plus stable, ce qui permet de faire travailler au mieux les microorganismes du rumen pour valoriser l'ensemble de la ration. Ces observations sont

donc en accord avec l'absence de différence significative entre les trois lots concernant la production laitière (-1,2kg de lait par rapport aux vaches à volonté).

La mise en expérimentation d'une pratique de gestion de l'alimentation utilisée par les éleveurs a donc permis de valider des hypothèses zootechniques mais également de mettre en dialogue monde académique et éleveurs et de confronter des métriques, qui apparaissent complémentaires. Ce travail pourrait être poursuivi en allongeant la durée de l'expérimentation (stoppée prématurément en raison du Covid 19), ce qui permettrait de mieux évaluer l'effet de cette pratique sur l'état nutritionnel des animaux. D'autres pratiques pourraient également être expérimentées en confrontant d'autres indicateurs.

5. Le dialogue entre monde académique et les éleveurs : une autre manière de faire de la recherche

La méthodologie proposée dans cette thèse implique un dialogue étroit entre le monde académique et les éleveurs, ce qui est assez peu courant dans le cadre de la recherche agronomique. En effet, cette dernière génère classiquement des hypothèses, grâce à l'accumulation de connaissances existantes et référencées dans la littérature scientifique, qui sont testées soit par modélisation soit par expérimentation, en général en conditions contrôlées (chambre de culture, serre, station expérimentale) (Doré et Bellon, 2019). Ces modélisations et expérimentations débouchent sur des résultats susceptibles d'engendrer de nouvelles hypothèses. Les hypothèses validées sont alors transmises sur le terrain. Or de nombreux auteurs mettent en avant les connaissances des agriculteurs eux-mêmes comme source de progrès, plus particulièrement dans le cadre de l'agroécologie (Doré et Bellon, 2019). Les agriculteurs sont à la fois des observateurs fins et des expérimentateurs avisés. En revanche, leur savoir est rarement un savoir générique et est davantage un savoir localisé et pratique ; a contrario, le savoir scientifique cherche à être générique, y compris en établissant des lois de variation des fonctionnements des agroécosystèmes se traduisant par des déclinaisons locales. Il existe donc tout un travail à mener pour hybrider les deux types de connaissances (Doré et Bellon, 2019). Il s'agit bien d'établir un dialogue, de « faire le pont entre deux mondes », l'académique d'un côté et les agriculteurs de l'autre et non de « sauter le pas » afin d'articuler les savoirs. Pour ce faire plusieurs éléments sont nécessaires : **la mise en œuvre d'une zootechnie pragmatique qui nécessite un dialogue entre plusieurs disciplines, le déploiement d'une démarche participative impliquant les agriculteurs.**

La méthodologie que nous proposons nécessite de mettre en place un espace de dialogue et de négociation entre disciplines. Ainsi il ne s'agit pas d'hybrider plusieurs disciplines mais bien de reconnaître l'intérêt et l'importance de chaque discipline et donc de faire dialoguer des experts de chaque discipline. Ce dialogue n'est pas toujours évident, chaque discipline ayant son vocabulaire, son fonctionnement, des attentes spécifiques, ses propres bases épistémologiques (Daré et al., 2008). La multiplicité des points de vue peut donc être source de tensions entre les chercheurs. Enfin, un travail mettant en dialogue plusieurs disciplines peut également poser des difficultés lorsque l'on retourne vers sa discipline d'origine pour y faire reconnaître la production scientifique réalisée, alors que les journaux scientifiques restent le plus souvent cloisonnés par discipline.

Dans notre étude, la démarche participative est mise en œuvre tout au long du projet. Ainsi non seulement les agriculteurs sont questionnés sur leur vision de la santé, les métriques qu'ils utilisent mais ils participent aussi à la conception, la mise en œuvre du projet et sa valorisation. Ainsi de par l'implication des agriculteurs, de nouvelles questions et idées de recherche émergent. Une

expérimentation supplémentaire a été mise en place sur quelques fermes durant 2 mois à la demande des agriculteurs et à la suite d'échanges avec les chercheurs. Il s'agissait de mieux comprendre les conséquences d'une pratique d'alimentation du troupeau, propre à certains agriculteurs, sur la qualité et la stabilité du lait. Le protocole de mesure a été construit par les agriculteurs, avec l'aide des chercheurs. Le suivi de l'expérimentation et les analyses ont été assurés par les chercheurs. Cette co-production, basée sur des postures d'égalité entre agriculteurs et chercheurs, permet d'intégrer les préoccupations des premiers et leurs métriques dans un protocole d'expérimentation devant répondre aux exigences scientifiques des seconds. Les agriculteurs contribuent également à la rédaction d'articles scientifiques dont ils sont co-auteurs (ex : article visant à mettre à l'épreuve de la science une pratique d'alimentation mise en place par des éleveurs –revue Animal 2022).

Cette expérience nous montre que la réussite d'une telle démarche dépend de plusieurs « clés ». La première est une **co-construction tout au long du projet qui repose sur des postures d'égalité** entre les acteurs. La seconde est **l'instauration d'un régime de confiance** entre les parties prenantes indispensable à la co-construction. Il est nécessaire que chaque acteur considère le discours et les représentations des autres acteurs comme légitimes. « *Sans cette légitimité établie dans la confiance de la co-construction du modèle 'terrain', on ne peut pas favoriser les interactions et la coordination des différents niveaux d'organisation* » (Daré et al., 2007). Cela exige, de la part des chercheurs, un regard critique et réflexif sur leurs disciplines pour prendre les agriculteurs au sérieux. La troisième est **l'instauration de débats et de dialogues, entre recherche et terrain**, qui permettent de surmonter les difficultés, d'entretenir le climat de confiance et de faciliter l'interconnaissance au service de la co-construction. Le choix de s'être tourné vers des éleveurs volontaires, ouverts à des échanges réguliers avec le monde académique ainsi que les visites régulières sur l'ensemble des fermes a facilité le déroulé de ce projet. La mise en place d'une telle démarche s'accompagne généralement de difficultés mais est nécessaire pour faire face aux enjeux actuels du monde agricole, en apportant une action plus effective sur le terrain, et ouvre de nombreuses perspectives de travaux de recherche.

Conclusion

Ce travail de thèse nous a permis de caractériser et mettre en œuvre une approche globale de la santé des fermes en s'appuyant sur un réseau de fermes se revendiquant de l'agroécologie. Pour cela nous avons défini une approche globale de la santé d'une ferme en adoptant une démarche pragmatique permettant d'intégrer la littérature scientifique et la vision des agriculteurs. Le travail de terrain s'appuie sur la construction d'une méthodologie d'enquête associant pragmatisme et approche systémique afin de comprendre la totalité du système. Les résultats obtenus montrent que la notion de santé est une notion fédératrice pour les éleveurs mais que plusieurs cadres d'analyse coexistent. Les cadres académiques et des éleveurs partagent des définitions et des indicateurs similaires mais les éleveurs utilisent également certains indicateurs spécifiques.

Nous avons, dans une deuxième étape, mesuré la santé sur les fermes en utilisant ces cadres. Nous avons proposé une méthodologie d'évaluation, s'appuyant sur les indicateurs académiques de la santé des sols, des prairies et des troupeaux. Nous avons également mesuré la santé à partir des indicateurs des éleveurs. La mise en œuvre des deux protocoles de mesure conduit généralement à des résultats similaires car les indicateurs reposent sur des grands principes communs. Les différences perçues entre les deux protocoles peuvent être dues à des indicateurs spécifiques à l'un des protocoles ou des indicateurs qui ne sont pas mesurés exactement de la même manière. Les indicateurs des agriculteurs sont en effet essentiellement qualitatifs et fondés sur des observations, ce qui leur permet d'obtenir des résultats immédiats, en accord avec leurs besoins.

Une hybridation des indicateurs académiques et des éleveurs permettrait de mieux déployer dans les élevages la notion de santé globale de la ferme. L'analyse des pratiques de gestion mises en place par les agriculteurs et référencées par la littérature en lien avec la santé des fermes a montré qu'une diversité de pratiques peut amener à un même résultat de santé. L'analyse du fonctionnement de ces systèmes montre que les systèmes cohérents en termes de gestion, au regard des finalités et de la santé, sont en bonne santé. C'est ainsi la cohérence globale du système qui favorise la santé. Nous avons mis en expérimentation une pratique d'alimentation spécifiquement mise en œuvre par les éleveurs pour favoriser la santé de la ferme. Cette pratique, qui consiste à restreindre les quantités de fourrages distribuées et le temps d'accès à la ration, a une répercussion limitée sur la production laitière, n'affecte pas la santé animale et montre un intérêt économique en cas de pénurie de fourrage. Une validation de ces résultats au cours d'une expérimentation plus longue, notamment concernant l'état nutritionnel des animaux, serait pertinente.

Ce travail a permis de proposer des indicateurs d'évaluation de la santé et de mettre au point une méthode de mesure permettant de caractériser la santé globale d'une ferme. Une validation sur un plus grand nombre de fermes présentant plus de variabilité en termes de fonctionnements, de pratiques et d'états de santé est nécessaire. Cela permettrait également d'explorer plus précisément les liens entre pratiques de gestion et état de santé. Nous avons également apporté des références sur l'identification, sur le terrain, des fermes en transition agroécologique. L'acquisition de ces nouveaux repères peut ainsi aider à la diffusion de l'agroécologie sur le terrain. Une analyse économique permettrait de renforcer l'intérêt de ces systèmes. La méthode déployée met en dialogue terrain et monde académique, et au sein de ce dernier, elle interroge plusieurs disciplines. Elle offre ainsi des perspectives concernant des nouvelles manières de faire de la recherche, notamment pour faire face aux enjeux plus globaux, qu'ils soient sanitaires ou climatiques.

Références bibliographiques

- Abbott, L. K., & Manning, D. A. C. (2015). Soil Health and Related Ecosystem Services in Organic Agriculture. *Sustainable Agriculture Research*, 04(3). <https://doi.org/10.22004/ag.econ.230386>
- Abdelatty, A.M., Iwaniuk, M.E., Garcia, M., Moyes, K.M., Teter, B.B., Delmonte, P., Kadegowda, A.K.G., Tony, M.A., Moha-mad F.F & Erdman, R.A. (2017). Effect of short-term feed restriction on temporal changes in milk components and mammary lipogenic gene expression in mid-lactation Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100, 4000–4013. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11130>
- Aikenhead, G.S., & Ogawa, M. (2007). Indigenous knowledge and science revisited. *Cultural Studies of Science Education*, 2, 539–620.
- Aguerre, M.J., Wattiaux, M.A., Powell, J.M., Broderick, G.A. & Arndt, C. (2011). Effect of forage-to-concentrate ratio in dairy cow diets on emission of methane, carbon dioxide, and ammonia, lactation performance, and manure excretion. *Journal of Dairy Science*, 94, 3081-3093. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4011>.
- Almeida, C., Eboko, F., & Moatti, J.-P. (2013). Éditorial (version française) La santé globale : Notre point de vue. Face à face. Regards sur la santé, 12, Article 12. <https://journals.openedition.org/faceaface/938#quotation>
- Altieri, M. (1986). *L'agroécologie : Bases scientifiques d'une agriculture alternative* (Debard).
- Altieri, M. (1995). *Agroecology : The Science of Sustainable Agriculture, 2nd ED.* (Westview Press).
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2003). Soil fertility management and insect pests : Harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research*, 72(2), 203-211. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(03\)00089-8](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00089-8)
- Amiaud, B., & Carrère, P. (2012). La multifonctionnalité de la prairie pour la fourniture de services écosystémiques. *Fourrages*, 211, 229-238.
- Anderson, T.-H. (2003). Microbial Eco-Physiological Indicators to Assess Soil Quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98, 285-293. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00088-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00088-4)
- Andreote, F., & Silva, M. C. P. (2017). Microbial communities associated with plants : Learning from nature to apply it in agriculture. *Current Opinion in Microbiology*, 37, 29-34. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2017.03.011>
- Andrews, S. S., Karlen, D. L., & Cambardella, C. A. (2004). The Soil Management Assessment Framework. *Soil Science Society of America Journal*, 68(6), 1945-1962. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1945>
- ANSES. (2018). *Bien-être animal : Contexte, définition et évaluation* (AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2016SA0288.pdf>
- Anticona, C., Coe, A.-B., Bergdahl, I. A., & San Sebastian, M. (2013). Easier said than done : Challenges of applying the Ecohealth approach to the study on heavy metals exposure among indigenous communities of the Peruvian Amazon. *BMC Public Health*, 13(1), 437. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-437>
- Baize, D. (2000). *Guide des analyses en pédologie : Choix, expression, présentation, interprétation* (2e éd. rev. et augm). Institut national de la recherche agronomique.
- Bagnall, D. K., McIntosh, Wm. A., Morgan, C. L. S., Woodward, R. T., Cisneros, M., Black, M., Kiella, E. M., & Ale, S. (2020). Farmers' insights on soil health indicators and adoption. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 3(1). <https://doi.org/10.1002/agg2.20066>
- Balvanera, Patricia, Pfaff, Alexander, Viña, Andrés, Garcia Frapolli, Eduardo, Hussain, Syed Ainul, Merino, Leticia, Minang, Peter Akong, Nagabhatla, Nidhi, & Sidorovich, Anna. (2019). *Chapter 2.1 Status and Trends – Drivers of Change*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5517423>

- Bardosh, K. L., Scoones, J. C., Grace, D., Kalema-Zikusoka, G., Jones, K. E., de Balogh, K., Waltner-Toews, D., Bett, B., Welburn, S. C., Mumford, E., & Dzingirai, V. (2017). Engaging research with policy and action : What are the challenges of responding to zoonotic disease in Africa? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1725), ID 20160172. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0172>
- Baumont, R., Michaud, A & Delaby, L. (2012). Services fourragers des prairies permanentes : production d'herbe et valeur alimentaire pour les ruminants. *Fourrages*, 211, 219-228.
- Baveye, P. C. (2021). Soil health at a crossroad. *Soil Use and Management*, 37(2), 215-219. <https://doi.org/10.1111/sum.12703>
- Bazin, S. (1984). *Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches Pie Noires*. Institut Technique de l'élevage Bovin.
- Beaglehole, R., & Bonita, R. (2010). What is global health? *Global Health Action*, 3(1). <https://doi.org/10.3402/gha.v3i0.5142>
- Behmanesh, B., Barani, H., Sarvestani, A. A., Shahraki, M. R., & Sharafatmandrad, M. (2016). Rangeland degradation assessment : A new strategy based on the ecological knowledge of indigenous pastoralists. *Solid Earth*, 7(2), 611-619. <https://doi.org/10.5194/se-7-611-2016>
- Ben Meir, Y.A., Nikbachat, M., Portnik, Y., Jacoby, S., Levit, H., Bikel, D., Adin, G., Moallem, U., Miron, J., Mabjeesh, S.J & Halachmi, I. (2019). Dietary restriction improved feed efficiency of inefficient lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 102, 8898-8906. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16321>
- Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10(5), 1251-1262. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1251:ROTEKA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1251:ROTEKA]2.0.CO;2)
- Bérodier, A., Parguel, P., Dasen, A., G. Duboz, G., Renaud J.P., Billot, M., Berodier, F., Ducret, J.B. & Marguet, B. 2001. Validation du test de lactofermentation en filière Comté (1999 – 2000). *Comité Technique du Comté*, Poligny, France
- Bertoni, G., Trevisi, E., Houdijk, J., Calamari, L., & Athanasiadou, S. (2016). *Welfare Is Affected by Nutrition Through Health, Especially Immune Function and Inflammation* (Vol. 16, p. 85-113). https://doi.org/10.1007/978-3-319-27356-3_5
- Birgé, H. E., Bevans, R. A., Allen, C. R., Angeler, D. G., Baer, S. G., & Wall, D. H. (2016). Adaptive management for soil ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 183(Pt 2), 371-378. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.024>
- Bonnaud, T., & Bossuat, H. (2016). *Guide méthodologique pour la définition des indicateurs de réalisations et de résultats des programmes de développement agricole et rural*. (p. 44). https://draaf.auvergne-rhone-alpes.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/GuideMethodoIndicateursPDAR_20160614_VF_cle8a2c1b.pdf
- Bonneuil, C., & Fressoz, J.-B. (2013). *L'évènement Anthropocène, la Terre, l'histoire et Nous* (Seuil).
- Bonny, S. (2010). *L'intensification écologique de l'agriculture : Voies et défis*. ISDA 2010; hal-00522107v2. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00522107v2/document>
- Botreau, R., Farruggia, A., Martin, B., Pomiès, D., & Dumont, B. (2014). Towards an agroecological assessment of dairy systems : Proposal for a set of criteria suited to mountain farming. *Animal*, 8(8), 1349-1360. Cambridge Core. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000925>
- Braband, D., Geier, U., & Köpke, U. (2003). Bio-resource evaluation within agri-environmental assessment tools in different European countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98(1-3), 423-434. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00101-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00101-4)
- Brauman, A. (2022, janvier 11). *Pourquoi la qualité et la santé des sols ne sont pas équivalents ! Pour une clarification de ces notions* [Webinaires FIRE]. <https://www.canal-u.tv/112407>.

- Brauman, A., & Thoumazeau, A. (2020). Biofunctool® : Un outil de terrain pour évaluer la santé des sols, basé sur la mesure de fonctions issues de l'activité des organismes du sol. *Etude et Gestion des Sols*, 27, 289-303.
- Brossier, J., Chia, E., Marshall, E., & Petit, M. (2013). *Gestion de l'exploitation agricole familiale : Éléments théoriques et méthodologiques* (Educagri).
- Brugère-Picoux, J. (1995). Biochimie clinique. *La Dépêche Technique, Supplément technique 46 à La Dépêche Vétérinaire*, 28-29
- Bunch, M. J., & Waltner-Toews, D. (2015). Grappling with complexity : The context for one health and the ecohealth approach. *CABI Books*, 39-51.
- Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T. W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., van Groenigen, J. W., & Brussaard, L. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Buttel, F. H. (2003). *Envisioning the Future Development of Farming in the USA: Agroecology Between Extinction and Multifunctionality?* https://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books_2044_0.pdf
- Capitaine, M., & Jeanneaux, P. (2016). *Agriculture en mouvement : Innovations stratégiques et performance globale* (Educagri).
- Cavallini, D., Mammi, L.M.E., Fustini, M., Palmonari, A., Heinrichs, A.J. & Formigoni, A. (2018). Effects of ad libitum or restricted access to total mixed ration with supplemental long hay on production, intake, and rumination. *Journal of Dairy Science*, 101, 10922-10928. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14770>.
- Cavallini, D., Mammi, L. M. E., Buonaiuto, G., Palmonari, A., Valle, E. & Formigoni, A. (2021). Immune-metabolic-inflammatory markers in Holstein cows exposed to a nutritional and environmental stressing challenge. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105, 42-55. <https://doi.org/10.1111/jpn.13607>
- Cayre, P., Michaud, A., Theau, J.-P., & Rigolot, C. (2018). The Coexistence of Multiple Worldviews in Livestock Farming Drives Agroecological Transition. A Case Study in French Protected Designation of Origin (PDO) Cheese Mountain Areas. *Sustainability*, 10, 1097. <https://doi.org/10.3390/su10041097>
- Charron, D. F. (2012). *Ecohealth Research in Practice : Innovative Applications of an Ecosystem Approach to Health* (Springer, IRDC).
- Chateauraynaud, F., & Dubois, C. (2019). Et si la climatologie devenait une science sociale comme les autres ? À propos du colloque « Entre connaissance et action : Regards croisés sur les enjeux climatiques et environnementaux ». *Natures Sciences Sociétés*, 27(1), 63-72. <https://doi.org/10.1051/nss/2019022>
- Chaudat, P., Gaillon, D., & Bah, T. (2021). *Pourquoi tant de suicides chez les agriculteurs ? The Conversation*. <https://theconversation.com/pourquoi-tant-de-suicides-chez-les-agriculteurs-162965>
- Chauvin, A. (2009). *Le risque parasitaire au pâturage et sa maîtrise*. *Fourrages*, 199, 255-264
- Chilliard, Y., Rémond, B., Agabriel, J., Robelin J. & Vérité, R. (1987). Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. *Bulletin Technique CRZV Theix*, 70, 117-131
- Citepa. (2022). *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France* [Format Secten].
- Claveirole, C. (2016). *La transition agroécologique : Défis et enjeux avis du Conseil économique, social et environnemental au nom de la section de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation*. Les avis du CESE. https://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2016/2016_13_agroecologie.pdf
- Cohen, A. (2021). Industrialisation et décisions épistémologiques au tournant de la modernisation agricole. Une analyse de La méthode en agronomie (1944) de Stéphane Hénin et de L'évolution scientifique de l'agriculture française (1946) d'Albert Demolon. In *Histoire des modernisation agricoles au XX siècle* (Presses Universitaires de Rennes).

- Commun, L., Le Sobre, M.-A., Becker, C., Bourgoïn, G., Bruyère, P., Alves de Oliveira, L., Gonthier, A., Grancher, D., Guérin, P., Arcangioli, M.-A., Ledoux, D., Mounier, L., Otz, P., & Zenner, L. (2016). *Carnet Clinique : Médecine de troupeau en élevage laitier* (Les éditions du point vétérinaires).
- Coquil, X., Cerf, M., Auricoste, C., Joannon, A., Barcellini, F., Cayre, P., Chizallet, M., Dedieu, B., Hostiou, N., Hellec, F., Lusson, J.-M., Olry, P., Omon, B., & Prost, L. (2018). Questioning the work of farmers, advisors, teachers and researchers in agro-ecological transition. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(5), 47. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0524-4>
- Costanza, R. (1992). Toward an operational definition of ecosystem health. In *Ecosystem Health : New goal for Environmental Management* (Island Press, p. 239-256).
- Costanza, R., Funtowicz, S. O., & Ravetz, J. R. (1992). Assessing and communicating data quality in policy-relevant research. *Environmental Management*, 16(1), 121-131. <https://doi.org/10.1007/BF02393914>
- Costanza, R., Norton, B., & Haskell, B. J. (1992). *Ecosystem Health : New Goals for Environmental Management* (Island Press).
- Coulon, J.B., Hurtaud, C., Remond, B. & Verite, R. (1998). Factors contributing to variation in the proportion of casein in cows' milk true protein: A review of recent INRA experiments. *Journal of Dairy Research* 65, 375-387. doi:10.1017/S0022029998002866
- Coulon, J.B., d'Hour, P., Garel, J.P. & Petit, M. (1996). Long-term effect of level and pattern of winter concentrate allocation in dairy cows. *Annales de Zootechnie, INRA/EDP Sciences* 45, 233-251. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00889556/>
- Coulon, J.B. & Remond, R. (1991). Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow: a review. *Livestock Production Science* 29, 31-47. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(91\)90118-A](https://doi.org/10.1016/0301-6226(91)90118-A).
- Couvreur, S., Hurtaud, C., Lopez, C., Delaby, L., & Peyraud, Jean-Louis. (2006). The Linear Relationship Between the Proportion of Fresh Grass in the Cow Diet, Milk Fatty Acid Composition, and Butter Properties. *Journal of dairy science*, 89, 1956-1969. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72263-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72263-9)
- Cremilleux, M., Cayre, P., Rigolot, C., Martin, B. & Michaud, A. (2020). Les systèmes d'élevage agroécologiques : une caractérisation pragmatique croisant la zootechnie avec les sciences humaines. Dans *Actes des 25. Rencontres Recherches Ruminants*, 570-574
- Cristofari, H. (2018). *Une analyse pragmatiste des processus d'apprentissage en agroécologie : Le cas de l'agriculture de conservatio* [Université Paul Sabatier - Toulouse III,]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02307525/document>
- Cross, P., Edwards, R. T., Hounsome, B., & Edwards-Jones, G. (2008). Comparative assessment of migrant farm worker health in conventional and organic horticultural systems in the United Kingdom. *The Science of the Total Environment*, 391(1), 55-65. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.10.048>
- Cruz, P., Theau, J. P., Lecloux, E., Jouany, C., & Duru, M. (2010). *Typologie fonctionnelle de graminées fourragères pérennes : Une classification multitraits*. *Fourrages*, 201, 11-17.
- Darnhofer, I., Gibbon, D., & Dedieu, B. (2012). Farming Systems Research : An approach to inquiry. In I. Darnhofer, D. Gibbon, & B. Dedieu (Éds.), *Farming Systems Research into the 21st Century : The New Dynamic* (p. 3-31). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_1
- Daré, W., Aubert, S., Bah, Botta, A., Diop-Gaye, Lajoie, & Leclerc, G. (2008). Difficultés de la participation en recherche-action : Retour d'expériences de modélisation d'accompagnement en appui à l'aménagement du territoire au Sénégal et à la Réunion. *Vertigo*, Volume 8 Numéro 2. <https://doi.org/10.4000/vertigo.5012>
- Daré, W., Fourage, C., & Diop Gaye, I. (2007). Positionnement des sociologues dans la démarche de modélisation Domino, *Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales*, 2(2), 103-126. DOI : [10.7202/602461ar](https://doi.org/10.7202/602461ar)
- Darré, J. P. (1984). *La production des normes au sein d'un réseau professionnel : L'exemple d'un groupe d'éleveurs*. *Sociologie du travail*, 2(84), 141-156.

- Darré, J. P. (1991). *Des catégories aux configurations : Les conditions d'analyse des processus d'inter-influence dans l'agriculture. Économie rurale*, 201, 16-21.
- Darré, J. P. (1999). *La production de connaissance pour l'action. Arguments contre le racisme de l'intelligence* (Coédition INRA-MSH).
- Darré, J. P., Mathieu, A., & Lasseur, J. (2007). *Le sens des pratiques : Conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes* (INRA).
- David, L., Dambrun, M., Harrington, R., Streith, M., & Michaud, A. (2021). Psychological and Physical Health of Organic and Conventional Farmers : A Review. *Sustainability*, 13. <https://doi.org/10.3390/su132011384>
- De Witt, A. (2013). Worldviews and Their Significance for the Global Sustainable Development Debate. *Environmental ethics*, 35, 133-162. <https://doi.org/10.5840/enviroethics201335215>
- Deléage, E. (2010). *La coproduction des savoirs dans l'agriculture durable*. 8. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00539813>
- Demeulenaere, E., & Goulet, F. (2012). *Du singulier au collectif : Agriculteurs et objets de la nature dans les réseaux d'agricultures « alternatives »*. *Terrains & travaux*, 20(1), 121-138.
- de Rosnay, J. (1975). *Le Macroscopie. Vers une vision globale* (Edition du seuil, La Flèche).
- Descola, P. (2015). *Par delà nature et culture*. (Gallimard).
- Dewey, J. (1934). Having an experience. In *Art as experience* (New York: Capricorn Books).
- Dewey, J. (1938). *Logic : The theory of inquiry*. (Irvington Publishers).
- Dias, T., Dukes, A., & Antunes, P. M. (2015). Accounting for soil biotic effects on soil health and crop productivity in the design of crop rotations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(3), 447-454. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6565>
- Doran, J. W. (2002). Soil health and global sustainability : Translating science into practice. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 119-127. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00246-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00246-8)
- Doran, J. W., Safley, M., Pankhurst, C. E., Doube, B. M., & Gupta, V. V. S. R. (1997). *Defining and assessing soil health and sustainable productivity*.
- Doran, J., & Zeiss, M. (2000). Soil health and sustainability : Managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15, 3-11. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00067-6)
- Doré, T., & Bellon, S. (2019). *Les mondes de l'agroécologie* (QUAE).
- Döring, T. F., Vieweger, A., Pautasso, M., Vaarst, M., Finckh, M. R., & Wolfe, M. S. (2015). Resilience as a universal criterion of health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(3), 455-465. PubMed. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6539>
- Duffield, T.F., Kelton, D.F., Leslie, K.E., Lissemore, K.D. & Lumsden JH. (1997) Use of test day milk fat and milk protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario. *Can Vet J*, 38(11):713-8
- Dumont, A. M., Vanloqueren, G., Stassart, P., & Baret, P. (2015). Clarifying the Socio-Economic Dimensions of Agroecology : Between Principles and Practices. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 150905162708002. <https://doi.org/10.1080/21683565.2015.1089967>
- 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 : an international journal of animal bioscience*, 7, 1-16. <https://doi.org/10.1017/S1751731112002418>
- Duru, M. (2018, septembre 12). Agriculture, environnement et alimentation : La santé comme dénominateur commun. *Société française d'Ecologie et d'Evolution*. <https://www.sfecologie.org/regard/ro6-sept-2018-m-duru-agriculture-et-sante/>

- Duru, M., Fares, M., & Therond, O. (2014). Un cadre conceptuel pour penser maintenant (et organiser demain), la transition agroécologique de l'agriculture dans les territoires. *Cahiers Agricultures*, 23. <https://doi.org/10.1684/agr.2014.0691>
- Duru, M., Froidmont, E., Graulet, B., & Gruffat, D. (2017). Importance des produits issus de bovins au pâturage sur les apports nutritionnels et la santé du consommateur. *Fourrages*, 230, 131-140.
- Duru, M., & Therond, O. (2019, avril 18). La « santé unique » pour reconnecter agriculture, environnement et alimentation. *Société française d'Ecologie et d'Evolution*. <https://www.sfecologie.org/regard/ro8-avril-2019-m-duru-et-o-therond-sante-unique/>
- Duru, M., Therond, O., & Fares, M. (2015). Designing agroecological transitions; A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1237-1257. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0318-x>
- European Commission. (2018). EU Dairy farms report based on 2016 FADN data. Page 185 in *Agriculture and Rural Development. E. Commission, ed. European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development*. Accessed Sep. 19, 2019. https://ec.europa.eu/agriculture/rica/pdf/Dairy_report_2016.pdf
- Farm Animal Welfare Council. (1992). FAWC updates the five freedoms. *Veterinary Record*.
- Farruggia, A., Lacour, C., Zapata, J., Piquet, M., Baumont, R., Carrère, P., & Hulin, S. (2012). DIAM, un diagnostic innovant déclinant les équilibres, production, environnement et qualité des fromages au sein des systèmes fourragers des zones AOP du Massif central. Dans *Actes des 19. Rencontres Recherches Ruminants*, (p13-16)
- Fischer, A., Edouard, N. & Faverdin, P. (2020). Precision feed restriction improves feed and milk efficiencies and reduces methane emissions of less efficient lactating Holstein cows without impairing their performance. *Journal of Dairy Science* 103, 4408-4422. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17654>.
- Farruggia, A., Martin, B., Baumont, R., Prache, S., Doreau, M., Hoste, H., & Durand, D. (2008). Quels intérêts de la diversité floristique des prairies permanentes pour les ruminants et les produits animaux. *Productions animales, Institut National de la Recherche Agronomique*, 21(2), 181-200.
- Foyer, J. (2018). Syncrétisme des savoirs dans la viticulture biodynamique. Incorporation dans l'expérience et le sensible et trajectoire initiative. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 12(12-2).
- Foyer, J., Hermesse, J., & Hecquet, C. (2020). Quand les actes agricoles sont au care et au compagnonnage: L'exemple de la biodynamie. *Anthropologica*, 62(1), 93-104.
- Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T., Creamer, N., Harwood, R., Salomonsson, L., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoef, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C., & Poincelot, R. (2003). Agroecology : The Ecology of Food Systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 22, 99-118. https://doi.org/10.1300/J064v22n03_10
- Frank, M., Amoroso, M. M., Propedo, M., & Kaufmann, B. (2022). Co-inquiry in agroecology research with farmers: transdisciplinary co-creation of contextualized and actionable knowledge. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 1-30
- Galliot, J. N., Hulin, S., Le Henaff, P. M., Farruggia, A., Seytre, L., Perera, S., Dupic, G., Faure, P., & Carrère, P. (2020). *Typologie multifonctionnelle des prairies du Massif central* (p. 284) [Edition SIDAM-AEOLE].
- Gauthier, M., & Champagne, M. (2017). *Interprétation des résultats associés à l'état de santé globale des composantes physiques, biologiques et chimiques des sols agricoles*. <https://www.agro-enviro-lab.com/fichiers/upload/SGS/Description%20des%20indicateurs-SGS-2017.pdf>
- Gauzente, C. (2000). Mesurer la performance des entreprises en l'absence d'indicateurs objectifs : Quelle validité ? Analyse de la pertinence de certains indicateurs. *Revue Finance Contrôle Stratégie*, 3, 145-165.
- Giboudeau, B. (2012). *Les vaches nous parlent d'alimentation : 143 symptômes bovins* (Obsalim).

- Gilot-Fromont, E., Pinot, A., & Michelin, Y. (2021, avril 7). *Quand la protection de la nature rencontre la gestion de crise de santé publique et de santé animale : La brucellose dans le massif du Bargy*. 14èmes journées de recherche en sciences sociales (JRSS).
- Giraudoux, P. (2022). *La santé des écosystèmes : Quelle définition?* <https://doi.org/10.3406/bavf.2022.70980>
- Gliessman, S. (1998). *Agroecology : Ecological Processes in Sustainable Agriculture* (CRC Press).
- Gliessman, S. R. (2020). Transforming food and agriculture systems with agroecology. *Agriculture and Human Values*, 37(3), 547-548. <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10058-0>
- Graham, J. P., Leibler, J. H., Price, L. B., Otte, J. M., Pfeiffer, D. U., Tiensin, T., & Silbergeld, E. K. (2008). The animal-human interface and infectious disease in industrial food animal production : Rethinking biosecurity and biocontainment. *Public Health Reports (Washington, D.C. : 1974)*, 123(3), 282-299. <https://doi.org/10.1177/003335490812300309>
- Grant, R.J. (2003). Taking advantage of dairy cow behavior: Cost of ignoring time budgets. [Conférence] 65th conference for feed manufacturing. 21-23 October 2003, Syracuse, USA.
- Gras, R., Benoit, M., Deffontaines, P., Duru, M., Lafage, M., Langlet, A., & Osty, P. L. (1989). *Le fait technique en agronomie. Activite agricole, concepts et méthodes d'étude*. (L'Harmattan, Collection Alternatives Rurales)
- Harris, R. F., Karlen, D. L., & Mulla, D. J. (1996). A Conceptual Framework for Assessment and Management of Soil Quality and Health. In *Methods for Assessing Soil Quality* (p. 61-82). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.2136/sssaspepub49.c4>
- Harrison, S., Kivuti-Bitok, L., Macmillan, A., & Priest, P. (2019). EcoHealth and One Health : A theory-focused review in response to calls for convergence. *Environment International*, 132, 105058. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105058>
- Hazard, L., Couix, N., & Lacombe, C. (2021). From evidence to value-based transition: the agroecological redesign of farming systems. *Agriculture and Human Values*, 1-12
- Hénin, S. (1944). *De la méthode en agronomie*.
- Hérisset, R. & Le Clainche, R. (2008) A quoi sert le taux d'urée du lait. *Cap Elevage* 22, 18-20;
- Herrero, M., Wirsenius, S., Henderson, B., Rigolot, C., Thornton, P., Havlík, P., Boer, I. J. M., & Gerber, P. J. (2015). Livestock and the Environment : What Have We Learned in the Past Decade? *Annual Review of Environment and Resources*, 40, 177-202. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-031113-093503>
- Hervé, L., Quesnel, H., Véron, M., Portanguen, J., Gross, J.J, Bruckmaier, R.M. & Boutinaud, M. (2019). Milk yield loss in response to feed restriction is associated with mammary epithelial cell exfoliation in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 102, 2670-2685. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15398>
- Hollard, H., Joliet, B., & Fave, M.-C. (2012). *L'agroécologie Cultivons la vie* (Sang de la terre).
- Horton, R., Beaglehole, R., Bonita, R., Raeburn, J., Mckee, M., & Wall, S. (2014). From public to planetary health : A manifesto. *Lancet*, 383, 847. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60409-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60409-8)
- Hubert, B. (2002). Le traitement du long terme et de la prospective dans les zones ateliers (suite). Les rapports entre chercheurs et acteurs. *Nat. Sci. Soc.*, 10(4), 51-62. <https://doi.org/10.1051/nss/20021004051>
- Hubert, B. (2010). L'agronomie, science de l'agriculture ? *Le Mouvement Social*, 233(4), 143-157. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/lms.233.0143>
- Hubert, B., Goulet, F., Magnani, S., Tallon, H., & Huguenin, J. (2013). Agriculture, modèles productifs et options technologiques : Orientations et débats. *Natures Sciences Sociétés*, 21, 71-76. <https://doi.org/10.1051/nss/2013085>
- Humer, E., Petri, R.M., Aschenbach, JR., Bradford, BJ., Penner, G.B., Tafaj, M., Südekum, K.H. & Zebeli Q. (2018). Invited review: Practical feeding management recommendations to mitigate the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 101, 872-888. doi: 10.3168/jds.2017-13191

- Hulsen, J. (2005). *Signes de vaches : connaître, observer et interpréter* (Roodbont publishers), 96p
- Hutter, H.-P., Poteser, M., Lemmerer, K., Wallner, P., Kundi, M., Moshhammer, H., & Weitensfelder, L. (2021). Health Symptoms Related to Pesticide Use in Farmers and Laborers of Ecological and Conventional Banana Plantations in Ecuador. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1126. PubMed. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031126>
- IPES-Food. (2020). *Le COVID-19 et la crise dans les systèmes alimentaires : Symptômes, causes et solutions potentielles* (p. 12). https://www.ipes-food.org/_img/upload/files/COVID19%20COMMUNICATION_FR.pdf
- INRA, (2018). *Alimentation des ruminants*, (Edition QUAE), Versailles, France.
- Institut de l'élevage. (2021). *Résultats de contrôle laitier, espèce bovine, France 2020*. Collection résultats, Paris, France
- Jackson, L., Rosenstock, T., Thomas, M., Wright, J., & Symstad, A. (2009). *Managed ecosystems : Biodiversity and ecosystem functions in landscapes modified by human use* (p. 178-194). <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199547951.003.0013>
- Jackson, W. (2002). Natural systems agriculture : A truly radical alternative. *Soil Health as an Indicator of Sustainable Management*, 88(2), 111-117. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00247-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00247-X)
- Janzen, H. H., Janzen, D. W., & Gregorich, E. G. (2021). The 'soil health' metaphor : Illuminating or illusory? *Soil Biology and Biochemistry*, 159, 108167. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108167>
- Johnson, C., Hitchens, P., Pandit, P., Rushmore, J., Evans, T., Young, C., & Doyle, M. (2020). Global shifts in mammalian population trends reveal key predictors of virus spillover risk. *Proceedings. Biological sciences*, 287, 20192736. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.2736>
- Jones, B. A., Grace, D., Kock, R., Alonso, S., Rushton, J., Said, M. Y., McKeever, D., Mutua, F., Young, J., McDermott, J., & Pfeiffer, D. U. (2013). Zoonosis emergence linked to agricultural intensification and environmental change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(21), 8399-8404. <https://doi.org/10.1073/pnas.1208059110>
- Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., & Schuman, G. E. (1997). Soil Quality : A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 4-10. <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x>
- Kaufman, A. (2015). Unraveling the Differences Between Organic and Non-Organic Thai Rice Farmers' Environmental Views and Perceptions of Well-being. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 5(4), 29-47. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2015.054.002>
- Kaufmann, J.-C. (1996). *L'entretien compréhensif* (Nathan).
- Kay, J. J. (1991). A nonequilibrium thermodynamic framework for discussing ecosystem integrity. *Environmental Management*, 15(4), 483-495. <https://doi.org/10.1007/BF02394739>
- Kealiikanakaoleohaililani, K., and C.P. Giardina. (2016). Embracing the sacred: An indigenous framework for tomorrow's sustainability science. *Sustainability Science*, 11, 57-6
- Keith, A., Schmidt, O., & McMahon, B. (2016). Soil stewardship as a nexus between Ecosystem Services and One Health. *Ecosystem Services*, 17, 40-42. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.11.008>
- Keune, H., Flandroy, L., Thys, S., De Regge, N., Mori, M., Van der Berg, T., Antoine-Moussiaux, N., Vanhove, M., Rebolledo, J., Van Gucht, S., Deblauwe, I., Biot, P., Hiemstra, W., Häsler, B., & Binot, A. (2016). *European OneHealth/EcoHealth Workshop Report*. Belgian Community of Practice Biodiversity and Health, Belgian Biodiversity Platform.
- Khan, K. M., Baidya, R., Aryal, A., Farmer, J. R., & Valliant, J. (2018). Neurological and mental health outcomes among conventional and organic farmers in Indiana, USA. *Ann Agric Environ Med.*, 25(2), 244-249. <https://doi.org/10.26444/aaem/75113>

- Kibblewhite, M. (2018, novembre 6). *Monitoring and optimising soil health*. Quels outils pour évaluer le fonctionnement biologique des sols agricoles ?, Montpellier, France.
- Kibblewhite, M. G., Ritz, K., & Swift, M. J. (2008). Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 363(1492), 685-701. PubMed. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2178>
- Knapp, C. N., & Fernandez-Gimenez, M. E. (2009). Knowledge in Practice : Documenting Rancher Local Knowledge in Northwest Colorado. *Rangeland Ecology & Management*, 62(6), 500-509. <https://doi.org/10.2111/08-175.1>
- Koczura, M., Martin, B., Turille, G., De Marchi, M., Kreuzer, M. & Berard, J.(2019). Milk composition, but not cheese properties, are impaired the day after transhumance to alpine pastures. *International Dairy Journal* 99, 105540. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104540>
- Kongtip, P., Nankongnab, N., Tipayamongkhogul, M., Bunngamchairat, A., Yimsabai, J., Pataitiemthong, A., & Woskie, S. (2018). A Cross-Sectional Investigation of Cardiovascular and Metabolic Biomarkers among Conventional and Organic Farmers in Thailand. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph15112590>
- Koplan, J., Bond, T., Merson, M., Reddy, K., Rodríguez, M., Sewankambo, N., & Wasserheit, J. (2009). Towards a Common Definition of Global Health. *Lancet*, 373, 1993-1995. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60332-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60332-9)
- Lacombe, C., & Hazard, L. (2016). *Santé de l'agroécosystème : Définition*. (Dictionnaire d'agroécologie). <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/sante-agroecosystemes/>
- Lairez, J., Feschet, P., Botreau, R., Bockstaller, C., Fortun-Lamothe, L., Bouvarel, I., & Aubin, J. (2017). L'évaluation multicritères des systèmes d'élevage pour accompagner leurs évolutions : Démarches, enjeux et questions soulevées. *INRAE Productions Animales*, 30(3), 255-268.
- Laishram, J., Saxena, K., Maikhuri, R., & Rao, K. (2012). Soil quality and soil health : A review. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 38.
- Lamine, C., Bui, S., & Ollivier, G. (2015). Pour une approche systémique et pragmatique de la transition écologique des systèmes agri-alimentaires. *Cahiers de recherche sociologique*, 73-94. <https://doi.org/10.7202/1036208ar>
- Larkin, R. (2015). Soil Health Paradigms and Implications for Disease Management. *Annual review of phytopathology*, 53. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080614-120357>
- Latour, B., & Woolgar, S. (1992). *Laboratory Life – The Construction of Scientific Facts* (Princeton University Press).
- Laurent, M., Monier, J. P., & Patout, O. (2019, octobre 4). Les BioThémas 2019 : Quelles évaluations de la santé dans les élevages bio et quels outils pour renforcer la détection des problèmes sanitaires ?
- Le Gallou, F. (1993). *Systémique : Théorie et application* (Lavoisier).
- Le Moigne, J. L. (1990). *La modélisation des systèmes complexes* (Dunod).
- Lebacqz, T., Baret, P.V. & Stilmant, D. (2015). Role of input self-sufficiency in the economic and environmental sustainability of specialised dairy farms. *Animal* 9, 544-552. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002845>
- Lehman, R. M., Cambardella, C. A., Stott, D. E., Acosta-Martinez, V., Manter, D. K., Buyer, J. S., Maul, J. E., Smith, J. L., Collins, H. P., Halvorson, J. J., Kremer, R. J., Lundgren, J. G., Ducey, T. F., Jin, V. L., & Karlen, D. L. (2015). Understanding and Enhancing Soil Biological Health : The Solution for Reversing Soil Degradation. *Sustainability*, 7(1), 988-1027. <https://doi.org/10.3390/su7010988>
- Lerner, H., & Berg, C. (2015). The concept of health in One Health and some practical implications for research and education : What is One Health? *Infection Ecology & Epidemiology*, 5, 25300-25300. PubMed. <https://doi.org/10.3402/iee.v5.25300>

- Lerner, H., & Berg, C. (2017). A Comparison of Three Holistic Approaches to Health : One Health, EcoHealth, and Planetary Health. *Frontiers in Veterinary Science*, 4, 163-163. PubMed. <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00163>
- Leung, Z., Middleton, D., & Morrison, K. (2012). One Health and EcoHealth in Ontario : A qualitative study exploring how holistic and integrative approaches are shaping public health practice in Ontario. *BMC public health*, 12, 358. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-358>
- Li, Y., Dong, S., Wen, L., Wang, X., & Wu, Y. (2013b). Three-Dimensional Framework of Vigor, Organization, and Resilience (VOR) for Assessing Rangeland Health : A Case Study from the Alpine Meadow of the Qinghai-Tibetan Plateau, China. *EcoHealth*, 10(4), 423-433. <https://doi.org/10.1007/s10393-013-0877-8>
- Lu, Y., Wang, R., Zhang, Y., Su, H., Wang, P., Jenkins, A., Ferrier, R. C., Bailey, M., & Squire, G. (2015). Ecosystem health towards sustainability. *Ecosystem Health and Sustainability*, 1(1), 1-15. <https://doi.org/10.1890/EHS14-0013.1>
- Macfarlane, S., Jacobs, M., & Kaaya, E. (2009). In the Name of Global Health : Trends in Academic Institutions. *Journal of public health policy*, 29, 383-401. <https://doi.org/10.1057/jphp.2008.25>
- Manzocchi E, Koczura, M., Coppa, M., Turille, G., Kreuzer, M. & Berard, J. (2019). Grazing on upland pastures part-time instead of full-time affects the feeding behavior of dairy cows and has consequences on milk fatty acid profiles. *Animals* 9, 908. <https://doi.org/10.3390/ani9110908>
- Manuel-Navarrete, D., J.J. Kay, and D. Dolderman. (2004). Ecological integrity discourses: Linking ecology with cultural transformation. *Human Ecology Review*, 11, 215–229
- Martin, B. & Coulon, J.B., (1995). Milk production and cheese characteristics. 1. Influence of milk production conditions on herd milk clotting ability. *Lait* 75, 61-80
- Menci, R., Natalello, A., Luciano, G., Priolo, A., Valenti, B., Difalco, A., Rapisarda, T., Caccamo, M., Constant, I., Niderkorn, V. & Coppa, M. (2021). Cheese quality from cows given a tannin extract in 2 different grazing seasons. *Journal of Dairy Science* 104, 9543–9555. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20292>
- Meynard, J. M. (2013). *Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières* [Synthèse du rapport d'étude]. INRA.
- Michaud, A., Carrère, P., Farruggia, A., Jeangros, B., Orth, D., Pauthenet, Y., & Plantureux, S. (2013). Construire des typologies de prairies pour évaluer leur potentiel à rendre des services agro-environnementaux. *Fourrages*, 213, 35-44.
- Michaud, A., Cremilleux, M., Beaufre, G., Védrine, A., & Rigolot, C. (2019). Un diagnostic d'alimentation de ruminants « qui parle aux éleveurs ». Comparaison avec un protocole classique. *Fourrages*, 240, 321-328.
- Milestad, R., Dedieu, B., Darnhofer, I., & Bellon, S. (2012). Farms and farmers facing change : The adaptive approach. In D. G. & B. D. Ika Darnhofer (Éd.), *Farming Systems Research into the 21th Century : The New Dynamic* (p. 365-386). Springer; DiVA. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_16
- Montel, M.C., Buchin, S., Mallet, A., Delbes-Paus, C., Vuitton, D.A., Desmasures, N. & Berthier, F. (2014). Traditional cheeses: rich and diverse microbiota with associated benefits. *International Journal Food Microbiology* 177, 136-154. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.019
- Morand, S., Guégan, J.-F., & Laurans, Y. (2020). De One Health à Ecohealth, cartographie du chantier inachevé de l'intégration des santé humaine, animale et environnementale. *Iddri*, 04/20.
- Moussel, E. (2011). Trois fois moins de traitements en élevage laitier biologique qu'en conventionnel pour une situation sanitaire satisfaisante. *Alter agri: bimestriel des agricultures alternatives*, 107, 8-10.
- Myers, S. (2017). Planetary health : Protecting human health on a rapidly changing planet. *The Lancet*, 390. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32846-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32846-5)

- Myers, S. S., & Patz, J. A. (2009). Emerging Threats to Human Health from Global Environmental Change. *Annual Review of Environment and Resources*, 34(1), 223-252. <https://doi.org/10.1146/annurev.enviro.033108.102650>
- Nicks, B., & Vandenneede, M. (2014). Santé et bien-être des animaux : Équivalence ou complémentarité ? *Revue Scientifique Et Technique De L'Office International Des Epizooties*, 33(1), 91-96.
- Nortcliff, S. (2002). Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88, 161-168. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00253-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00253-5)
- NRC, (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. (National Academies Press, 7th revised edition Washington, DC, USA)
- OHHLEP. (2021). *Joint Tripartite (FAO, OIE, WHO) and UNEP Statement Tripartite and UNEP support OHHLEP's definition of "One Health"*. <https://www.fao.org/3/cb7869en/cb7869en.pdf>
- Olsson, P., & Folke, C. (2001). Local Ecological Knowledge and Institutional Dynamics for Ecosystem Management : A Study of Lake Racken Watershed, Sweden. *Ecosystems*, 4(2), 85-104. <https://doi.org/10.1007/s100210000061>
- OMS. (1948). *Constitution de l'Organisation Mondiale de la Santé*.
- Paolini, V., Dorchie, P., Athanasiadou, S., & Hoste, H. (2002). Effets des tanins condensés et des plantes à tanins sur le parasitisme gastro-intestinal par les nématodes chez la chèvre. 411-414.
- Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G. P., & Smith, P. (2016). Climate-smart soils. *Nature*, 532(7597), 49-57. <https://doi.org/10.1038/nature17174>
- Payraudeau, S., & van der Werf, H. M. G. (2005). Environmental impact assessment for a farming region : A review of methods. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 107(1), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.12.012>
- Petit M., & Agabriel, J. (1993). Etat corporel des vaches allaitantes Charollaises : signification, utilisation pratique et relations avec la reproduction, *INRA Productions Animales*, 6 (5), 311-318
- Peyraud, J. L. (1998). Techniques for measuring fecal flow, digestibility and intake of herbage in grazing ruminants. Dans *Actes IXth European Intake*, p 39-43.
- Pham, G., Lam, S., Dinh-Xuan, T., & Nguyen-Viet, H. (2018). Evaluation of an Ecohealth Approach to Public Health Intervention in Ha Nam, Vietnam. *Journal of Public Health Management and Practice : JPHMP*, 24 Suppl 2, S36-S43. <https://doi.org/10.1097/PHH.0000000000000732>
- Pimbert, M., Barry, B., Berson, A., & Tran-Thanh, K. (2010). *Democratising Agricultural Research for Food Sovereignty in West Africa*. IIED, CNOP, Centre Djoliba, IRPAD, Kene Conseils, URTEL, Bamako and Londo.
- Piutti, S. (2021). *Le carbone au cœur du fonctionnement microbien des sols : Comprendre et piloter les interactions MOS-communautés microbiennes pour renforcer la disponibilité et l'efficacité d'utilisation des éléments minéraux (N et S) dans les agroécosystèmes*.
- Potier, J., Moigny, F., Lère, F., & Fougeroud, E. (2019). *Atlas des sols du Puy-de-Dôme* (p. 71). Chambre d'agriculture du Puy de Dôme. https://aura.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Auvergne-Rhone-Alpes/63_Atlas_des_sols63_2020.pdf
- Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability : Concepts, principles and evidence. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 363, 447-465. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>
- Quandalle, M. (2021). *Choisir des indicateurs de la santé des prairies et de la santé des sols adaptés aux réalités des élevages agroécologiques*. Mémoire de fin d'études, Montpellier Sup Agro, Montpellier, France

- R Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Rapport, D. J., Costanza, R., & McMichael, A. J. (1998). Assessing ecosystem health. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(10), 397-402. [https://doi.org/10.1016/s0169-5347\(98\)01449-9](https://doi.org/10.1016/s0169-5347(98)01449-9)
- Réseau CIVAM. (2019). *L'observatoire technico-économique des systèmes bovins laitiers. Exercice comptable 2018*. <https://www.civam.org/wp-content/uploads/2020/12/Obstkeco2019web.pdf>
- Richardson, M. (2005). À la recherche de savoirs perdus ? Expérience, innovation et savoirs incorporés chez des agriculteurs biologiques au Québec. 6(1). <https://doi.org/10.4000/vertigo.2926>
- Rickson, R. E., Saffigna, P., & Sanders, R. (1999). Farm Work Satisfaction and Acceptance of Sustainability Goals by Australian Organic and Conventional Farmers. *Rural Sociology*, 64(2), 266-283. <https://doi.org/10.1111/j.1549-0831.1999.tb00018.x>
- Rigolot, C. (2017). Une approche évolutive des 'visions du monde' pour penser les transformations de l'agriculture. *Cahiers Agricultures*, 26(3), 1-7. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017015>
- Roger, F., Caron, A., Morand, S., Pedrono, M., De Garine-Wichatitsky, M., Chevalier, V., Tran, A., Gaidet, N., Figuié, M., Visscher, M.-N., & Binot, A. (2016). One Health and EcoHealth : The same wine in different bottles? *Infection Ecology & Epidemiology*, 6: 30978. <https://doi.org/10.3402/iee.v6.30978>
- Rossignol, N., Andueza, D., Carrère, P., Cruz, P., Duru, M., Fiorelli, J.-L., Michaud, A., Plantureux, S., Pottier, E., & Baumont, R. (2014). Assessing population maturity of three perennial grass species : Influence of phenology and tiller demography along latitudinal and altitudinal gradients. *Grass and Forage Science*, 69(3), 534-548. <https://doi.org/10.1111/gfs.12067>
- Sandifer, P. A., Sutton-Grier, A. E., & Ward, B. P. (2015). Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being : Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services*, 12, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.007>
- Sauvant, D., & Peyraud, J.-L. (2010). Calculs de ration et évaluation du risque d'acidose. *INRA Productions Animales*, 23(4), 333-342.
- Schaeffer, D. J., Herricks, E. E., & Kerster, H. W. (1988). Ecosystem health : I. Measuring ecosystem health. *Environmental Management*, 12(4), 445-455. <https://doi.org/10.1007/BF01873258>
- Sébillotte, M. (1974). *Agronomie et agriculture : Essai d'analyse des tâches de l'agronome*. 24, 3-25.
- Shackelford, G., Kelsey, R., Sutherland, W., Kennedy, C., Wood, S., Gennet, S., Karp, D., Kremen, C., Seavy, N., Jedlicka, J., Gravuer, K., Kross, S., Bossio, D., Muñoz-Sáez, A., LaHue, D., Garbach, K., Ford, L., Felice, M., Reynolds, M., & Dicks, L. (2019). Evidence Synthesis as the Basis for Decision Analysis : A Method of Selecting the Best Agricultural Practices for Multiple Ecosystem Services. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00083>
- Silici, L. (2014). Agroecology : What it is and what it has to offer. *IIED Issue Paper, IIED, London*, 27.
- Sodiaal, (2019). *Grille mensuelle de paiement du lait cru de vache—Bassin grand Sud SODIAAL – en vigueur au premier janvier 2019*. <https://www.coordinationrurale.fr/wp-content/uploads/2019/01/num%C3%A9risation0005.pdf>
- Stassart, P., Baret, P., Grégoire, J.-C., Hance, T., Marc, M., Reheul, D., Stilmant, D., Vanloqueren, G., & Visser, M. (2012). *L'agroécologie : Trajectoire et potentiel Pour une transition vers des systèmes alimentaires durables*.
- Stassart, P., & Jamar, D. (2008). Steak up to the horns ! *GeoJournal*, 73, 31-44. <https://doi.org/10.1007/s10708-008-9176-2>
- Stengers, I. (2020). *Réactiver le sens commun : Lecture de Whitehead en temps de débâcle* (La découverte).
- Suter, G. W., II. (1993). A critique of ecosystem health concepts and indexes. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12(9), 1533-1539. <https://doi.org/10.1002/etc.5620120903>

- Therond, O., Duru, M., Roger-Estrade, J., & Richard, G. (2017). A new analytical framework of farming system and agriculture model diversities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(3), 21. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0429-7>
- Tichit, M., & Dumont, B. (2016). L'agroécologie : Origines, bases scientifiques et déclinaisons en élevage. Dans M. Jouven (Dir), *L'agroécologie, du nouveau pour le pastoralisme ?* (p. 17-26). Cardère éditeur
- Tilman, D., & Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515(7528), 518-522. <https://doi.org/10.1038/nature13959>
- Utter, A., White, A., Méndez, V. E., & Morris, K. (2021). Co-creation of knowledge in agroecology. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 9(1), 00026. <https://doi.org/10.1525/elementa.2021.00026>
- Vandehaar, M.J. (1998). Efficiency of nutrient use and relationship to profitability on dairy farms. *Journal of Dairy Science* 81, 272–282. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75576-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75576-6).
- Van der Ploeg, J. D. (2009). *The New Peasantries : Struggles for Autonomy and Sustainability in an Era of Empire and Globalization* (First). Routledge.
- van der Werf, H. M. G., & Petit, J. (2002). Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level : A comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1-3), 131-145. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00354-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00354-1)
- Van Elswyk, M., & McNeill, S. (2013). Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality : The US experience. *Meat science*, 96, 535-540. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.010>
- van Helden, P. D., van Helden, L. S., & Hoal, E. G. (2013). One world, one health. Humans, animals and the environment are inextricably linked—A fact that needs to be remembered and exploited in our modern approach to health. *EMBO Reports*, 14(6), 497-501. PubMed. <https://doi.org/10.1038/embor.2013.61>
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74, 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vazirigozar, M., Dehghan-Banadaky, M., Rezayazdi, K., Krizsan, S., Nejati-Javaremi, A. & Shingfield, K. (2014). Fat source and dietary forage-to-concentrate ratio influences milk fatty-acid composition in lactating cows. *Animal* 8, 163-174. doi:10.1017/S175173111300181X
- Vieweger, A., & Döring, T. (2015). Assessing health in agriculture—Towards a common research framework for soils, plants, animals, humans and ecosystems. *Journal of the science of food and agriculture*, 95. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6708>
- Vukicevich, E., Lowery, T., Bowen, P., Úrbez-Torres, J. R., & Hart, M. (2016). Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(3), 48. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0385-7>
- Waltner-Toews, D. (2009). Eco-Health : A primer for veterinarians. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Veterinaire Canadienne*, 50(5), 519-521. PubMed.
- Wander, M. M., Cihacek, L. J., Coyne, M., Drijber, R. A., Grossman, J. M., Gutknecht, J. L. M., Horwath, W. R., Jagadamma, S., Olk, D. C., Ruark, M., Snapp, S. S., Tiemann, L. K., Weil, R., & Turco, R. F. (2019). Developments in Agricultural Soil Quality and Health : Reflections by the Research Committee on Soil Organic Matter Management. *Frontiers in Environmental Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00109>
- Weiner, J., Andersen, S. B., Wille, W. K.-M., Griepentrog, H. W., & Olsen, J. M. (2010). Evolutionary Agroecology : The potential for cooperative, high density, weed-suppressing cereals. *Evolutionary Applications*, 3(5-6), 473-479. PubMed. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2010.00144.x>
- Welfare Quality. (2009). *Welfare Quality® assessment protocol for cattle*. (Welfare Quality Consortium).

- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a Science, a Movement and a Practice. <http://dx.doi.org/10.1051/agro/2009004>, 29, 503-515. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_3
- Wezel, A., & Peeters, A. (2014). Agroecology and herbivore farming systems – principles and practices. *Options Méditerranéennes A*, 109, 753-767.
- Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A., Dias, B., Ezeh, A., Frumkin, H., Gong, P., Head, P., Horton, R., Mace, G., Marten, R., Myers, S., Nishtar, S., Osofsky, S., Pattanayak, S., Pongsiri, M., Romanelli, C., & Yach, D. (2015). Safeguarding human health in the Anthropocene epoch : Report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *The Lancet*, 386. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1)
- Wittman, H., Desmarais, A., & Wiebe, N. (2010). *Food Sovereignty : Reconnecting Food, Nature and Community*.
- Woolhouse, M., Ward, M., Van Bunnik, B., & Farrar, J. (2015). Antimicrobial resistance in humans, livestock and the wider environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1670). <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0083>
- 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, 271-281. <https://doi.org/10.1002/sd.380>
- Zinsstag, J. (2012). Convergence of EcoHealth and One Health. *EcoHealth*, 9(4), 371-373. PubMed. <https://doi.org/10.1007/s10393-013-0812-z>
- Zanton G.I. & Heinrichs, A.J. (2008). Rumen digestion and nutritional efficiency of dairy heifers limit-fed a high forage ration to four levels of dry matter intake. *Journal of Dairy Science* 91, 3579-3588. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1210>

Annexes

Annexe 1 : Article sur la méthodologie d'enquête



Combining systemic and pragmatic approaches for the holistic diagnosis of a farm in agroecological transition in a health context

1 **Cremilleux M.^{1*}, Michaud A.¹, Cayre P.², , Martin B.¹, Rigolot C.³ ; Michelin Y.³**

2 ¹Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F63122 Saint Genès
3 Champanelle, France

4 ²Ministère de l'Agriculture, Direction Générale de la Recherche et de l'Enseignement,
5 AgroParisTech, 9 avenue Blaise Pascal, 63171 Aubière, France

6 ³Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Territoires, F63122 Saint Genès
7 Champanelle

8 *** Correspondence:**

9 Maeva Cremilleux

10 maeva.cremilleux@vetagro-sup.fr

11 **Keywords: methodology, pragmatism, livestock systems, agroecology, farm health, farmer's**
12 **reality**

13 **Abstract**

14 Today, agriculture and livestock farming are facing environmental, social and health challenges. The
15 agroecological transition is a possible response to these challenges and requires changes in practices
16 but also an evolution in farmers' ways of thinking and relationships with living things. Some
17 approaches that analyse farms, such as the global analysis of farms, are not sufficient to analyse
18 systems in the face of the agroecological transition and its uncertainties. Indeed, a part of the reality
19 of farmers escapes these tools. We therefore propose a holistic approach combining a global analysis
20 of farms and a pragmatic approach to understand the functioning of agricultural production systems.
21 This pragmatic turn enables to integrate the ways in which the farmer's reality is established, the
22 performance of the system, as well as associated metrics and the farmer's relationship with life. Using
23 the example of a farm in transition, we show that it is the combination of pragmatism and a systemic
24 approach, within an interview, that allows understanding farms and their coherence. The proposed
25 methodology requires a change in the researcher's stance and allows for a renewed dialogue between
26 research and farmers on the field.

27 **1 Introduction**

28 In Western countries, agriculture has undergone many changes since the Second World War. The
29 main objective of self-sufficiency based on the essential principle of controlling biological processes
30 and environmental hazards with the use of technical, technological and chemical inputs (Hubert et al.,
31 2013) drove farming activity toward an high productive level. Supported by advisory systems,
32 research and education, and backed by public policies, this modernisation of agriculture has led to a
33 standardization of production methods (simplification of crop rotation, etc.) and a specialization of
34 production systems and areas (Meynard et al., 2013; Duru et al., 2014).

35 Agroecology is a promising alternative to this type of modernisation (Guzman and Woodgate, 2013;
36 Silici, 2014) and its negative impacts (Lamine and Dawson, 2018; Frison and Clément, 2020). This
37 global concept proposes to redesign farming practices and systems (Gliessman, 1990). In a strict
38 sense, agroecology relies on a better integration of ecological processes in agricultural systems,
39 replacing chemical and energy inputs by natural processes and building on biogeochemical cycles
40 (minerals, energy, water) in order to reduce environmental impacts (Altieri, 2012). In a larger sense,
41 some authors like (Wezel et al., 2013), consider agroecology as a “science, a practice and a
42 movement” oriented to a reconfiguration of the whole food system (Francis et al., 2003; Lamine and
43 Dawson, 2018; Nicholls et al., 2020). Following this larger conception, agroecology cannot be
44 implemented only with simple technical fix, as it also requires deep system shifts, as well as an
45 evolution of farmers’ values and ways of thinking (Cayre et al., 2018; Hazard et al., 2021).
46 Consequently, agroecological transition can follow different complementary pathways (Tittone, 2020).
47 Particularly, McGreevy et al. (2021) have shown that individual agroecological farms can act
48 as “lighthouses” to amplify the uptake of agroecological principles and practices by other farmers.
49 Thus, to foster this farm-to-farm amplification of the agroecological transition (Nicholls et al., 2020),
50 a specific agroecological diagnosis of farms is essential and should not be any more based on
51 analytical thinking (Hubert et al., 2013) like it was during the modernisation of agriculture period.

52 To cope with growing sustainability issues, practitioners developed new methodological approaches
53 based on “system thinking” that deal better with the complexity of farms. They also wanted to
54 provide farmers with more adapted decision-making tools (Marshall et al., 1994). These methods
55 have evolved thought time to include a diversity of indicators (Zahm et al., 2008) and a better
56 understanding of farm adaptive capacities and resilience (Darnfohfer et al., 2012). Building on these
57 developments, researchers conceived specific tools for the diagnosis of agroecological farms. For
58 example, Nichols et al. (2020) have recently proposed multidimensional indicators and evaluation
59 criteria to assess level of application of agroecological principles.

60 However, Hazart et al. (2021) show how the creation of a diagnostic tool can come up against the
61 complexity and singularity of the situations that have to be transformed. Difficulties are mounting up.
62 Analysis and evaluation grids designed by researchers and experts can widely differ from farmers’
63 own ideas about performance and sustainability. It is more than a question of analytic tools. It is an
64 epistemological question. Agronomy is part of the field of “modern sciences” that aim to find
65 universal laws for explaining the world and its biological processes. However, the complexity of the
66 phenomena that these sciences seek to explain is such that there is always a part of this reality that
67 remains incommensurable and that resists being subjected to the demands of experimentation. Under
68 these conditions, how can we prescribe (in particular to transform) when predictability will always be
69 imperfect (Cohen, 2021)? This distance can be the cause of misunderstandings that reduces the
70 quality of the data collected and limits the capabilities of using the results for designing efficient
71 adaptations accepted by farmers. Moreover, farmers can hesitate to expose their ways of thinking and
72 their personal values that orients their practices if they fear being judged by a high authority figure.
73 To access what James Scott (1990) names the “Hidden Transcripts”, one needs to design a specific
74 system for collecting information through interviews.

75 In this way, and considering that agroecological transition is an indeterminate situation and an open-
76 ended process, Hazart et al. (2021) took a “pragmatic turn”, shifting from evidence-based to
77 value-based transition. While farmers know what they cannot do, what they should do is gradually
78 redefined as the problematic situation evolves. Thus, pragmatic enquiry (Dewey, 1925, 1938; Lorino
79 2018) seems particularly relevant for managing the agroecological transition. In addition to
80 identifying what is no longer appropriate, the aim of the interview is to produce a better
81 understanding of the problems encountered and how farmers find ways to solve them. In order to

82 reach this goal, the interviewer analyses the problems and solutions to be implemented by examining
 83 past or future actions from their practical and moral consequences through the farmer's point of view.
 84 The pragmatic approach allows moving from a diagnosis approach to a dialogue between peers.

85 However, one question remains. How motivating farmers to sincerely participate to this dialogue?
 86 Due to the overall context outlined above, we believe that healthcare is a good entry point because it
 87 is becoming a concern for both farmers and consumers. It questions both animal health and well-
 88 being on farms. Moreover, health is also a crosscutting issue, as many authors like (Patz et al., 2012;
 89 Vieweger & Döring, 2015; Roger et al., 2016) established the links between production methods,
 90 human health and environmental health. The notion of care also allows access to the relationship with
 91 living beings. This awareness of the relationship between human health, animal health and the health
 92 of the planet has contributed to the development of integrated approaches such as One Health and
 93 EcoHealth (Lerner & Berg, 2017). For these reasons, we follow (Bloksma and Struik, 2007) who
 94 propose to consider Healthcare as a conceptual tool for the analysis of farming systems and for
 95 redesigning them. However, to our knowledge, a pragmatic approach has not been formalised and
 96 applied yet.

97 The objective of this article is to present a new holistic method that can help us better understand the
 98 underlying functioning of an agricultural production system in transition, using integrated healthcare
 99 as a lens. We will present our new method and then illustrate it by taking the example of a farm in
 100 transition to agroecology.

101 **2 Method: An approach combining systemic diagnosis and a pragmatic characterization of** 102 **farm health**

103 The proposed approach combines two elements: 1) a systemic diagnosis; 2) a pragmatic logic with an
 104 anthropological focus. In this section, we first present the two elements separately, and then their
 105 integration into a holistic diagnosis through the lens of farm health

106 **2.1 Systemic diagnosis**

107 The Overall Approach to Farming (OAF – “Approche Globale de l’Exploitation Agricole” (Sebilotte,
 108 1974; Le Moigne, 1990; La Gallou, 1993) is a very common method in France for analyzing the
 109 biotechnical and financial functioning of the farm in relation to the decision system and its
 110 environment.

111 Originally developed in the 1980s to overcome the limits of modernization, OAF is a systemic grid
 112 that considers the farm as a system, where all its constitutive elements are in dynamic interaction,
 113 according to a goal (De Rosnay 1992). It consists in considering a system as a complex whole,
 114 composed of interacting subsystems, which themselves interact with the outside world.

115 The practical implementation of an OAF on farms is based on the construction of a model of the
 116 farm, which represents the following elements:

- 117 • The history of the farm allows understanding the background and the trajectories of people
 118 working there, providing elements of analysis for a possible project on the farm;
- 119 • The environment, including a biophysical component (climate, pedoclimatic context, etc.), as
 120 well as a social and societal component and an economic component. Characterizing the environment
 121 with its different components is essential to understand the assets and constraints of the farm;

- 122 • The social system corresponds to the social organization on the farm, i.e. the actors on the
123 farm or linked to the farm and their role;
- 124 • The decision-making system corresponds to the goals, strategic rules and strategic decisions.
125 These rules are usually represented in the form of a diagram that help understand the management of
126 the farm;
- 127 • The operating system describes the technical functioning of the farm, which is seen as a
128 system composed of different sub-systems: the forage system, the livestock system, the crop system,
129 the processing system, etc. Each sub-system is analyzed technically and economically using
130 indicators to assess the achievement of the production objectives, and then these sub-systems are
131 linked to each other. These technical and economic indicators are compared with a local reference or
132 a typical case, close to the type of the analyzed system.
- 133 To sum up, OAF makes the analysis of a system possible, of its technical and economic
134 performances and provides farmers with references, enabling them to compare themselves with
135 others. OAF emphasizes the importance of a comprehensive understanding in order to modify
136 systems, to determine its strengths and weaknesses and to analyze its coherence. However, the OAF
137 cannot consider everything because an irreducible part of reality escapes it. There is always a gap
138 between the theoretical model and practical reality because any model, even a systemic one, is
139 necessarily a simplified representation of reality, from one (subjective) point of view. The
140 phenomenological approach, on the other hand, allows us to be concerned with the practical reality of
141 the farm from the perspective of the person who acts.

142 **2.2 Pragmatic approach**

143 OAF produces knowledge and enables to understand an agricultural production system according to a
144 rationality and with approaches rooted in scientific practice. This methodology has its own
145 measurements and control instruments. However, whatever the virtues of this academic approach, it
146 does not always correspond to farmers' perspectives and practices, with their methods, tools,
147 instruments, and metrics.

148 Although farmers mobilise scientific knowledge that circulates within professional groups and
149 training courses, they can also experiment by themselves. Their understanding of reality operates
150 above all via daily practices and temporalities that differ from those of the academic scientific
151 approach. Farmers have their own ways of establishing reality, of constructing reality, according to
152 their daily experience on the farm (Cayre et al., 2018) that can thus differ widely from the one
153 proposed by the academic world and agricultural advice -axiomatic (Chateaufreynaud and Dubois,
154 2019). Every day, in contact with things, through the involvement of their bodies and their senses,
155 they apprehend the regularities and variations of the beings with which they work and interact. In a
156 cyclical temporality of their own - every day they have to milk the cows, to lead the animals to
157 grasslands, every year they have to harvest hay, etc. - they appreciate and evaluate their work by a set
158 of signs and indicators that may be very different from those of science. These indicators can have a
159 subtlety and a sensitivity that cannot be tested or measured in the academic agricultural sciences and
160 have thus been relegated to the "subjective" or even the irrational part of their practices. Moreover,
161 farmers generally do not reduce beings such as animals or grasslands to their biological and
162 production properties alone. They confer on them social and anthropological attributes forged in the
163 course of their experience. These attributes guide their work and the kinds of relationships they have
164 with these beings, the attentions and signs by which they are affected.

165 Pragmatism, in the sense of Dewey (1938), is thus particularly well suited to agricultural surveys,
 166 since for these authors, action is the basic material (whether present or past) and knowledge is
 167 constructed through action. Truth does not exist a priori but is revealed progressively through
 168 experience, thanks to concrete observability. We consider that in order to identify problems and to
 169 implement solutions, one have to analyse them by examining past, present or future actions in terms
 170 of their practical and moral consequences (Barthe et al., 2013). The logic of pragmatic enquiry leads
 171 actors to believe that the relationship between means and ends must be regularly re-examined in the
 172 course of action (Hazard et al., 2021).

173 Conducting pragmatic enquiry involves taking seriously all of the actors' justifications, the elements
 174 to which the interviewee pays attention. When pragmatic surveys are conducted with farmers, all the
 175 elements to which the farmers pay attention are taken into consideration, whether they are human
 176 (family...) or non-human (cows, grassland, soil microorganisms...), material (inputs, harrowing,
 177 feed...) or immaterial (moon, energy flow, animal communication...). These surveys make it
 178 possible to see what the world of the breeders consists of, by characterising the ways in which both
 179 human and non-human entities that make up this world relate to each other and are deployed
 180 according to various modes of existence - biological, ecological, political, social, economic, etc.
 181 Thus, the provided pragmatic posture, as presented here, allows for anthropological attention to be
 182 paid to all entities, human or not.

183 Pragmatism is therefore not, as such, a method for analysing agricultural production systems, but
 184 proposes a research stance that adds an additional perspective to economical and technical analysis.

185 **2.3 Combining systemic diagnosis and pragmatic approach through a health lens**

186 The pragmatic approach makes it possible to grasp elements of the farmer's reality to which the OAF
 187 does not have access. Our methodological approach aims to combine these two ways of
 188 understanding and interpreting the world: the systemic approach, rooted in an academic approach to
 189 agronomic sciences, and the pragmatic approach, which involves interpreting reality through the eyes
 190 of the person who acts. Thus, all the information collected within an OAF is included (analysis of the
 191 different subsystems, links, social and economic environment...) but we integrate the following
 192 additional elements:

- 193 • Indicators and metrics used by farmers;
- 194 • Relationship between human and nature through an anthropological attention to all elements
 195 of the system that make sense for the farmer. More precisely, we pay attention and collect all the
 196 information that we need for qualifying what matters to the farmer, in particular how he or she
 197 qualifies and gives attributes to the entities that populate his or her world and how these attributes
 198 help specify the kinds of relationships he or she has with them.

199 We apply the notion of health as a key entry point to all the elements of the system, which makes it
 200 possible to maintain a systemic approach. Moreover, it allows us to access the Human-nature
 201 relationship, thanks to the links between animal health and human health or between soil health and
 202 animal health. Therefore, health questions contribute to integrate the farmers' goals other than
 203 production and economic rationality into the systemic analysis of the functioning of the farm. Finally,
 204 health appears as a very relevant lens to combine the two approaches described above.

205

206 The interview –conducted by an animal science researcher who is used to short closed or semi-open
 207 questions- begins with a history of the farm - as proposed by the OAF - in order to know the projects,
 208 objectives and decision-making strategy of the farmer. It also put the farmer in confidence and to
 209 encourage him to give himself up in the following interview. Then, using healthcare as a lens, we

210 question the farmer about his definition of farm health and from the elements mentioned (for example
211 the health of the farmer, animal health...) the interviewer asks the farmer to precise his personal
212 definitions of these different elements. In a second phase, based on each farmer's health definition,
213 we decided to add some additional questions about:

- 214 • the metrics and indicators he or her use (how do you evaluate the health of your farm? what
215 are the indicators that allow you to evaluate it ? etc),
- 216 • the management and practices he or her implement (what practices do you implement to
217 promote health? what interventions do you carry out on the grasslands? what do you do as a
218 preventive measure? as a curative measure? etc.)
- 219 • the reasons why for these practices (why ?)
- 220 • the links between his or her different categories of health (do you make links? which ones?
221 how do you observe it? etc)

222 The justifications for the used indicators and for the implemented practices play a central role in
223 understanding the farmer's vision of the world and his relationship with nature. Even if certain
224 elements are not integrated into the farmer's definition of farm health, the notions of herd health,
225 grassland health, soil health, and farmer health are systematically addressed in order to understand
226 why the farmer does not integrate them into his definition of health.

227 Finally, we asked them to give us more precise quantitative elements in order to evaluate the health
228 of the system (milk production, renewal rate, number of veterinary interventions per year, for
229 example). The quantitative elements concern both the scientific indicators referenced by the OAF and
230 the indicators used by the farmers to analyse the health of their system. This sequence carrying out
231 from the most systemic approach to the most precise one, starts with qualitative aspects that makes it
232 possible not to influence the farmer's answers and let him choose the order of the discussed health
233 concepts. The interview is conducted in such a way as to let farmer talk as much as possible. The
234 interview grid that we constructed ensures that all the elements necessary for the study are covered
235 and that the questions are asked in the same way so as not to create bias.

236
237 The figure 1 illustrates this methodology combining OAF and pragmatism.

238 This survey methodology allows access the elements of the OAF (analysis of the operating system,
239 links between the elements of the subsystems, decision system, technical and economic indicators,
240 etc.) with additional elements: the indicators used by the farmers and the link that the farmer
241 establishes to Nature in a health vision.

242

243 Practically, the pragmatic enquiry can be made through one or several interviews (as necessary),
244 preferably in the context of the farm. It is essential to build with farmers an authentic relationship
245 based on trust. This goal requires time, so that farmers can be insured that they will be taken
246 seriously. In our approach, the pragmatic enquiry is made in conjunction with the systemic diagnosis
247 (OAF), which is used as a first support to start a deeper discussion. As a "proof of concept", we
248 decided to record the entire interviews and then to transcribe verbatim for one exemplary farm. In the
249 future, the process can be simplified to cope with the practical constrains of a research project or any
250 advisory diagnosis. Within the transcripts, we identified the objects/entities in which the farmer had
251 an interest. For each entity, we added in a table the main verbatim related to health (what the farmer
252 says about these entities), the quantitative elements, the signs, and the indicators evaluating them.
253 From this table, we drawn up a map of the farmer's world, making it possible to represent all the
254 entities and elements described above, to which are added the modes of relationship - logical links
255 between the entities - defined as precisely as possible. This drawing help reconstruct the farmer's
256 cosmology in a way that any sociologist as well as any animal scientist can understand (figure 1).

257

258

259 **3 Results: Application to an agro ecological farm**

260 We applied our methodology to an agro ecological farm, located in France in the Massif Central
261 Mountain. Figure 2 illustrates the analysis of M. Henri's farm using our methodology combining
262 AOF and pragmatism.

263 **3.1 Overall Approach to Farming: case study with M. Henri's farm**

264 **3.1.1 Environment and historic of the farm**

265 The farm of M. Henri - the name has been changed to maintain confidentiality-, which lays in the
266 Massif du Sancy, 50 km west from Clermont-Ferrand, the major city of the Auvergne Region, is
267 composed of two labour unit (husband and wife). The farm is evolving with 35 dairy cows raised on
268 50ha. M. Henri converted his farm to organic farming in 2016. After a conversion period, he delivers
269 the milk as organic milk to a local milkery. Based at an altitude of 1025m, the farm evolves in a
270 mountain climate, with cold and snowy winters and increasingly dry summers. The land is
271 exclusively permanent grassland. This production system has therefore adapted to the constraints of
272 the environment by using the milk to produce a local organic cheese in a green tourism area, without
273 taking charge of the milk processing.

274 **3.1.2 Decision and social systems**

275 Mr. Henri runs his farm with the aim of supporting a couple with due respect for his work, his
276 animals and his meadows. His system is built around this goal.

277 To achieve this, Mr Henri has chosen to work inside a farmers network who agree to implement
278 alternative management practices that promote the well-being of meadows and herd. He is strongly
279 involved in this network. In addition, Mr Henri is member of the board of the dairy society to which
280 he delivers his milk. He is a volunteer fireman and has had a role in the management of the township
281 (municipal councillor).

282 From an economic point of view, the results are satisfactory and contribute to the achievement of the
283 objective: this technical operation allows the farm to generate a Gross Operating Profit €54,000 for 2
284 work units with a GDP/P of 0.44, annual payments and financial costs of €11,000 and self-financing
285 of €4-5,000. The remaining income for the farmers is about 1600€ per work unit (minimum wage at
286 €1521). This is satisfactory for the farmers and contributes to their financial health with a correct
287 workload (35h /week).

288 **3.1.3 Operating system**

289 **3.1.3.1 Breeding system:**

290 An average of 40 dairy cows of Holstein and Normande breeds are present on the farm during the
291 year, for producing milk. The annual renewal rate is 20%, which is lower than the French average
292 (35%). With the renewal heifers, the farm has about 54 Livestock Units (LU). On the farm, the
293 reproduction of Holsteins is done with a bull, while both natural reproduction (Holstein bulls) and
294 artificial insemination (AI) are practiced for Normande cows. The first calvings, done at the average
295 age of 2.5 years, are mostly grouped between July and October. The animals are culled at an average
296 age of 10 years, whereas in France, the average lactation period of a cow is 2.6 years. This

297 management practice, consistent with the low renewal rate, allows the breeder to give his cows a
298 longer life on the farm. The calving interval (380 days, close to the national average (400 days) and
299 the reproduction indicators show a good management of the animals' reproduction. Dairy cows are
300 dried off for 1 to 1.5 months between two lactations.

301 The average milk production is 6000l per cow per year with a protein content of 30 g/l and a fat
302 content of 36 g/l. While these rates are lower than in the typical case (31.8 and 40.5 g/l), the milk
303 production is higher. The cell count is 219,000C/ml, respecting the standard required by the dairy
304 company. This milk production is made possible by a summer ration based on grass (200 days of
305 grazing), a winter ration based on hay and regain and a small amount of hay and concentrates
306 (900kg/year). The management of the milk production with regard to the proposed ration is efficient
307 compared to the grassland systems of the area (5500L of milk/cow/year with 1240 kg of
308 concentrate/year).

309 **3.1.3.2 Forage and crop system:**

310 There are 50 ha of permanent grassland in organic farming; there are no crops on the farm. The farm
311 is self-sufficient in fodder, only concentrates are purchased. The corrected stocking rate is 1.08
312 LU/ha (stocking rate: 1.09 LU/ha), slightly higher than the typical case. On the 50 ha, 44% of the
313 grassland is only grazed and the rest is in mixed use (cut and grazed). The animals graze 200 days per
314 year. Only hay and second cut are made on the farm for the winter ration.

315 No mineral nitrogen is added, only 30m³ of liquid manure are spread every two years in autumn on
316 the meadows, whether they are grazed or mixed. The meadows are also harrowed.

317 **3.1.3.3 Health approach**

318 In terms of health, the veterinarians only visit the herd three times a year. There are no preventive or
319 curative treatments, no antibiotics and no vaccinations. Only 2.5% of mastitis cases are recorded in
320 the herd. Health management is carried out with the help of alternative medicines. Veterinary costs
321 amount to 8.38€/head per year, which is very low compared to the group. Only one point of vigilance
322 stands out: the management of calves. 34% of the calves less than one month old died, compared to
323 8% in the typical case. This high mortality rate of calves within 15 days after birth indicates a
324 seemingly severe health problem

325 **3.1.4 Analysis of the system's performance**

326 The analysis of this case study shows a technically and economically efficient production system.
327 The management practices implemented in the breeding system and forage system are in line with the
328 desired objective. The technical-economic analysis following the OAF methodology shows an
329 efficient, viable and sustainable farm. Indeed, the milk production is important, taking into account
330 the grass management with a low use of concentrates. The indicators show a herd in good health,
331 with few or no health problems and which ages well. Grassland management is also extensive in
332 terms of organic fertilization. However, the analysis of the operation of this farm with the proposed
333 methodology highlights a poor performance in terms of calf health. This high calf mortality rate
334 raises questions, while technical tools exist to solve this problem.

335 **3.2 Pragmatic interview: additional information to understand M. Henri's decision rules**

337 3.2.1 New relationship to living beings

338 However, using the pragmatic methodology and establishing a relationship of trust, when we
 339 questioned the farmer about this high calves' mortality rate, he explained us that he did not have any
 340 problem with this rate. Indeed, usually the male dairy calves are sold at 3 weeks to be fattened in
 341 Spain, but this practice does not correspond to the ethics of this breeder.

342 Finally, M. Henri gave us the following justification: "It is not a problem. I decide that the male
 343 calves should die before going to the fattening center. I don't want to give them that future which
 344 explains this high calves' mortality rate of 34% before they are one month old. Moreover, he said us
 345 that he did not want to lie to his cows, and by a specific way of communicating that he developed
 346 with them, he "obtained" their agreement. This negotiation about death with calves' mothers makes
 347 death management as an intrinsic part of his farming system. For him, domestic animals living in a
 348 farm are all bound to die; not only calves but also cows when they are culled. However, as Mr. Heny
 349 says, the animals are "workers" with whom he has a "contract" and he must respect their lives and
 350 their well-being in exchange of their work. In the last years, the farmer started to move his system
 351 toward longer lactations. From a scientific perspective, one could interpret this high rate as an
 352 indicator of reproduction problems that should be solved if one want to rationalize the technical
 353 performances.

354 Actually, this high mortality rate of calves and its justification by Mr Henri show the emergence of a
 355 different rationality, based on a specific relationship with living beings. M. Henri does not pay
 356 attention only on production criteria but also pay high attention to care and protection to the animals
 357 and grasslands. As he considers that the psychological dimension contributes to the triggering of
 358 pathologies (a stressed animal will more easily trigger a pathology), his relationship with his animals
 359 has considerably evolved. As the personal rationality of M. Henri is also to reduce this tension
 360 between life and death, he changed his practices to reduce the number of calves born per year.

361 More widely, he makes "Deals" with his animals and set up an immaterial communication. "To find
 362 the cause of the pathology I go through animal communication. Since I have been doing what I call
 363 communication with my animals, I no longer have mastitis after calving, which could be due, for
 364 example, to the separation of the mother from her calf". This new way of considering each animal
 365 leads him to give his animals a specific accompaniment toward death, by thanking them.

366 The protection and animals care is the main concern of the farmer. He takes care of his grassland is
 367 not for the grassland itself. For him, it is one of the best ways for contributing to maintain the
 368 animals' health at a good state and to take care of their well-being. Thus, the rationality of feeding
 369 does not only concern the balanced supply of energy and proteins. M. Henri includes also elements of
 370 animal behaviour, food signs (dung, nose, eyes, hair, etc.), and pay attention of the quality of the
 371 forage and its fibrousness that play an important role for keeping the animals microbiota in a good
 372 state. He also design his forage management by including the notions of care and adaptation, which is
 373 reflected in the implementation of cut at different stages. Particularly, late cut and the rather slow
 374 speed of rotational grazing are seen as a means to regenerate grasslands naturally. According to the
 375 farmer, these decision rules allow a balance between production, forage quality and biodiversity. "

376 The signs and the attributes which the farmer gives to the beings which populate its world are not
 377 reduced to some kind of utility function to be optimized (through milk and meat production etc).
 378 Moreover, the reference to animal communication testifies of an anchorage in an informational
 379 paradigm that completes that of materiality. While the materialist paradigm considers mainly the
 380 flows of materials, our deep interview helped us discovering that M. Henri's paradigm integrates

381 information flows and exchanges with other entities, like the moon. Thus, when Mr. Henri harrows
382 his meadows, it is not only for aerating the ground. From his point of view, he gives his meadow an
383 information. In return, his meadow will answer him in spring by giving him more grass. Mr. Henri
384 did not invent this informational paradigm all at once but he put it in place through a series of
385 experiments, based on observations and comparisons and adjustments of his practices.

386 3.2.2 New metrics

387 The analysis of Mr. Henri's farm shows another way of interpreting reality based on his daily
388 experience on his farm. We have been able to identify new metrics incorporating animal
389 communication, the use of lunar calendar or M. Henri's will to make the male calves die on his farm.
390 Some classical metrics, such as the mortality rate of calves do not directly reflect good or bad
391 technical performance in absolute terms. The indicators that he uses to assess the health of the farm
392 can be similar to those used by animal husbandry scientists (e.g. botanical diversity of grasslands,
393 forage yields, etc.) but some are also constructed by this farmer. As an example, M. Henri assesses
394 animals' health by observing their behavior, their droppings, and by studying visible body signs on
395 their coats (licking, greasy skin, hair color...), on their noses (discharge), and on their eyes (presence
396 of crust). In a systemic conception of health, M. Henri considers that when he observes his animals
397 and their behavior, he also contributes to the health of the meadows: As he said, "I put a cow in my
398 meadow, I see how the cow reacts. If the cow is happy in this meadow, it means that the meadow is
399 feeding my cow in an ultra-correct or correct way and therefore that the meadow is healthy".
400 Furthermore, the color of the meadow is becoming a key visual element for assessing its health, as
401 M. Henri noted that "when you start to have white [(flowers)] in the meadows, you are in balance".
402 Furthermore, M. Henri and those of his network refute some indicators traditionally used in farm
403 analysis. For example, concerning the farmer's well-being, he says: "At one time, holidays were a
404 criterion of the farmer's well-being, today, I would turn it more in the other direction... As I am well
405 off on my farm, I don't necessarily have an extraordinary need for holidays."

406

407 4 Discussion

408 In the recent history of agricultural development, systemic thinking has been a powerful innovation
409 to overcome some limits of modernization (Marshall et al., 1994). OAF is a typical example of tools
410 that have made systemic principles operational on the ground for agricultural development. It
411 recognizes that the farmer has "reasons for doing what he does" (Brossier et al., 1997), and these
412 reasons are not only driven by a maximization of the profit. Moreover, this approach considers that a
413 farmer is not an isolated individual who makes decisions without considering his social and
414 environmental surroundings. He also is subject to social, environmental and economic influences and
415 interactions. The farm is then perceived as a finalized and controlled system driven by a farmer, in
416 other words, a complex set of dynamically interacting elements organized according to a goal
417 (Lemoigne 1990; de Rosnay 1992). OAF analyzes the technical and economic system using
418 indicators referenced in the literature. This approach allows comparisons with local references or
419 case-types systems close to the one analyzed. These indicators are generated using the scientific
420 method, in a register of axiomatic proof (Chateauraynaud and Dubois, 2019).

421 The systemic approach can be useful, but it is never sufficient for understanding the complexity of
422 the farmers way of thinking. Indeed, what the scientific method cannot objectify or measure is
423 discarded. Thus, certain metrics, immaterial entities, escape scientific understanding and are not
424 integrated into the analysis of agricultural operations. The very fact of analyzing a farm in terms of

425 aims, strategy and performance (as OAF invites us to do) imposes some kind of “managerial” way of
426 thinking that is not necessarily that of the farmer. Moreover, such systemic approach by itself fails to
427 integrate the colors, smells, affects and experiences collected and combined by farmers through time.
428 In fact, science itself is not a transcendent entity but a specific way to observe, to describe, to build
429 and to understand reality as a social practice (Maniglier, 2022).

430 Actually, the background of OAF rationality is deeply influenced by a modern conception of the
431 relation between human beings and all the other beings that surround us. As anthropologist Philippe
432 Descola (1995) summarizes it, this modern conception, which he named “naturalism” separates
433 human from nature, with human controlling it. On the one hand, this way of thinking is inherited of
434 the Christian religion that considered that God gave us the Nature to serve our needs and allowed us
435 to dominate it. Only human beings have the capability to formalize their intentions and to make
436 conscious chooses. On the other hand, the scientific rationality has given a powerful mean to
437 reinforce this wish of nature domination, by considering that natural processes follow general natural
438 rules that can be revealed by scientific research. However, other conceptions of human-nature
439 relationships can be found around the world, especially in indigenous communities (Manuel-
440 Navarette et al., 2004; Aikenhead and Ogawa, 2007; Kealiikanakaoleohaililani and Giardina.
441 2016...). Yet, the case of Mr. Henry demonstrates that the diversity of human-nature relationships is
442 not a specificity of indigenous people. In fact, Mr. Henri’s rationality is partly inscribed in naturalism
443 but not completely. When he says that he establishes “contracts” with his cows, he considers that
444 they have their own capability of expressing opinions and taking decisions. When he communicates
445 with his meadows, he considers that he is not totally different to these living beings, even if there are
446 not human. This attitude is very similar to what Descola (1995) described as an “animist” attitude:
447 nature, plants and animals are endowed with the same interiority as human and each human has to
448 make deals with all of them if he wants to obtain what he wants. When M. Henri uses homoeopathy
449 to heal his animals, he applies an “analogist” way of thinking (the world is composed of an infinite
450 number of singularities, the world is hierarchical through a deployment of links). This diversity of
451 relationships to nature is close to the observations made by Foyer et al. (2020) with biodynamic
452 winegrowers. Foyer (2018) introduces the notion of “syncretism” to describe how some farmers (like
453 Mr. Henry or biodynamic winegrowers) are able to combine different ways of thinking in their
454 farming practices.

455 It is the combination of two ways of understanding and interpreting the world – the OAF that is
456 rooted in an academic approach to agricultural sciences and the pragmatic method in which reality is
457 interpreted through the eyes of the farmer - that makes it possible to reveal different coherences of
458 the system. On one hand, the materialistic one: does the system produces the expected productions in
459 quantity, in quality, in regularity? On the other hand, the ontological one: what is the coherence
460 between what the farmer thinks, what he expects, and how does he work in reference to which
461 indicators? The metrics corresponding to each conception can be combined as it seems relevant to
462 farmers and researchers. Different forms of combination between the different indicators exist,
463 combining systemic relevant indicators with pragmatic ones. Animal sciences have provided a good
464 overall knowledge of systems and are therefore necessary, but they must evolve to rely on new
465 combinations of indicators for incorporating other essential dimensions associated to agro ecology.
466 Knowledge co-constructed by farmers and research are considered necessary in agroecology (Utter et
467 al., 2021; Frank et al., 2022).

468

469 The proposed methodology adopts the concept of health as an entry point of interviews. Indeed, the
470 concept of health allows the integration of multiple issues, and the identification of practices that can
471 promote the health of farms. Health makes it possible to establish links between the elements of the
472 system, to access the relationship to the living being of the farmers and thus "to the world" of the
473 breeder. Moreover, health is a notion that no one opposes and that allows a large number of farmers
474 to adhere to it. Following a systemic approach like OAF, health on the farm is typically assessed
475 through indicators like mortality rates. Moreover, in OAF the health of the different components of
476 the farm can be studied quite separately and independently: The health of farmers, animals and
477 environment are not directly related (for example, calves' mortality rate does not depend on farmer's
478 well-being in any straightforward way). The case of Mr. Henry demonstrates that farmers can have a
479 very different conception of health: for him, the health of the different components of the farm are
480 closely intertwined between each other through a relationship of care and respect. Moreover, in line
481 with the holistic health approach proposed by Bloksma and Struik (2007), the interconnections
482 between physical, socio-cultural and mental health are essential for Mr. Henry's to take action on his
483 farming systems.

484 **Conclusion**

485 Within the proposed approach, an appropriate researcher's stance and attitude are essential since he
486 conducts the interview from the farmer's point of view without judgment. A dialogue is established
487 between the interviewer and the farmer. The interviewer accepts that his interlocutor may think
488 differently: all the farmers' statements and practices are taken seriously. Nevertheless, this way of
489 working needs time. The interviewer cannot start the interview by asking questions. He has to
490 convince the respondent that he will not be evaluated or judged, that this interview is a dialogue
491 between two persons on an equal footing. And it is not so easy to obtain. The interviewer should
492 adopt a specific attitude, comprehensive, respectful, and considerate, and for that, he needs specific
493 skills that develop with practice.

494 This approach makes it possible to reconsider metrics previously disqualified by the scientific
495 approach by a dialogue established between the interviewer and the farmer. This dialogue allows
496 animal sciences to open up to new forms of indicators that include non-humans. Farmers therefore
497 discover certain tools and indicators generated by the scientific approach, and some of them become
498 imbued with them, even if researchers and farmers do not always agree on the substance. Moreover,
499 the approach we propose aims to co-construct knowledge, which is increasingly recognized, used and
500 considered necessary, particularly within agroecology. In our case, the farmers have been involved in
501 the project since the beginning. This is essential in farmers' commitment to respond to questions and
502 problems that affect them. This methodology is useful for farmers and research because it allows all
503 of these actors to step back from their current way of thinking and develop reflexivity. We propose a
504 method that not only allows the analysis of production systems on a common ground but also brings
505 together people who think differently to engage in a transformative dialogue.

506

507 **5 Conflict of Interest**

508 *The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial*
509 *relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*

510 **6 Author Contributions**

511 M. Cremilleux: Methodology, Investigation, Writing- Original Draft, Writing- Review and editing.
 512 A. Michaud: Conceptualisation, Methodology, Investigation, Writing- Review and editing,
 513 Supervision, Funding acquisition. P. Cayre: Conceptualisation, Methodology, Writing- Review and
 514 editing, Supervision. B. Martin: Writing- Review and editing. C. Rigolot : Writing- Original Draft,
 515 Writing- Review and editing. Y. Michelin: Writing- Original Draft, Writing- Review and editing

516 7 Funding

517 This research has been financed by ADEME (CO3 projects) and the French government IDEX-ISITE
 518 initiative (CAP2025).

519 8 Acknowledgments

520 We are grateful to the farmer for the time he gave us.

521 9 References

- 522 Aikenhead, G.S., & Ogawa, M. (2007). Indigenous knowledge and science revisited. *Cultural Studies*
 523 *of Science Education* 2: 539–620.
- 524 Altieri, M., Tamura, N., Hitaka, K., Nicholls, C., & McGreevy, S. (2020). Assessing the
 525 agroecological status of a farm : A principle-based assessment tool for farmers Estimando el nivel
 526 agroecologico de una finca : Una herramienta de evaluacion para agricultores. 29-41.
 527 <https://doi.org/10.4206/agrosur.2020.v48n2-04>
- 528 Barthe, Y., de Blic, D., Heurtin J.P., Lagneau, E., Lemieux, C., Linhardt, D., Moreau De Bellaing,
 529 C., Rémy, C., Trom, D. (2013). Sociologie pragmatique : mode d'emploi. *Politix*, De Boeck
 530 Supérieur, 103 (3), pp.175-204
- 531 Bloksma J.R., Struik P.C. (2007). Coaching the process of designing a farm: using the healthy human
 532 as a metaphor for farm health, *NJAS*, 54, 413-429
- 533 Brossier, J., Chia, E., Marshall, E., Petit, M. (1997). Gestion de l'exploitation agricole familiale.
 534 *Éléments théoriques et méthodologiques*. ENESAD-CNERTA, Dijon
- 535 Cayre, P., Michaud, A., Theau, J.-P., & Rigolot, C. (2018). The Coexistence of Multiple Worldviews
 536 in Livestock Farming Drives Agroecological Transition. A Case Study in French Protected
 537 Designation of Origin (PDO) Cheese Mountain Areas. *Sustainability*, 10, 1097.
 538 <https://doi.org/10.3390/su10041097>
- 539 Chateauraynaud, F., & Dubois, C. (2019). Et si la climatologie devenait une science sociale comme
 540 les autres ? À propos du colloque « Entre connaissance et action : Regards croisés sur les enjeux
 541 climatiques et environnementaux ». *Natures Sciences Sociétés*, 27(1), 63-72. Cairn.info.
 542 <https://doi.org/10.1051/nss/2019022>
- 543 Cohen, A. (2021). Industrialisation et décisions épistémologiques au tournant de la modernisation
 544 agricole ; une analyse de la méthode en agronomie (1944) de Stéphane Henin et de l'évolution
 545 scientifique et l'agriculture française (1944) d'Albert Demolon in *Histoire des modernisations*
 546 *agricoles au XXème siècle*, PUR, 213 – 226.
- 547 Darnhofer, I., Gibbon, D and Dedieu, B. (2012) *Farming Systems Research into the 21st Century*.
 548 Springer, Dordrecht.
 549 <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2>
- 550 Descola, P. (2015). *Par delà nature et culture*. Gallimard.
- 551 De Rosnay, J. (1975). *Le microscope*. Vers une vision globale. Le seuil.
- 552 Dewey, J. (1925). *Experience and nature*. Chicago: Open Court Publishing Co.
- 553 Dewey, J. (1938). *Logic: The theory of inquiry*. New York: Irvington Publishers.

- 554 Duru, M., Fares, M., & Therond, O. (2014). Un cadre conceptuel pour penser maintenant (et
555 organiser demain), la transition agroécologique de l'agriculture dans les territoires. Cahiers
556 Agricultures, 23. <https://doi.org/10.1684/agr.2014.0691>
- 557 Foyer, J. (2018). Synchrétisme des savoirs dans la viticulture biodynamique. Incorporation dans
558 l'expérience et le sensible et trajectoire initiatique. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 12(12-
559 2).
- 560 Foyer, J., Hermesse, J., & Hecquet, C. (2020). Quand les actes agricoles sont au care et au
561 compagnonnage: L'exemple de la biodynamie. *Anthropologica*, 62(1), 93-104.
- 562 Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T., Creamer, N., Harwood, R., Salomonsson, L.,
563 Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoft, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora,
564 C., & Poincelot, R. (2003). Agroecology : The Ecology of Food Systems. *Journal of Sustainable*
565 *Agriculture*, 22, 99-118. https://doi.org/10.1300/J064v22n03_10
- 566 Frank, M., Amoroso, M. M., Propedo, M., & Kaufmann, B. (2022). Co-inquiry in agroecology
567 research with farmers: transdisciplinary co-creation of contextualized and actionable
568 knowledge. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 1-30
- 569 Frison, E., & Clément, C. (2020). The potential of diversified agroecological systems to deliver
570 healthy outcomes : Making the link between agriculture, food systems & health. *Sustainable Food*
571 *Systems for Healthy Diets in Europe and Central Asia*, 96, 101851.
572 <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101851>
- 573 Gliessman S.R. (1990) Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture.
574 In: Gliessman, S.R. Agroecology. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), vol 78. Springer,
575 New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3252-0_1
- 576 Guzmán, E., & Woodgate, G. (2013). Agroecology : Foundations in Agrarian Social Thought and
577 Sociological Theory. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(1), 32-44.
578 <https://doi.org/10.1080/10440046.2012.695763>
- 579 Hazard, L., Couix, N., & Lacombe, C. (2021). From evidence to value-based transition: the
580 agroecological redesign of farming systems. *Agriculture and Human Values*, 1-12.
- 581 Hubert, B., Goulet, F., Magnani, S., Tallon, H., & Huguenin, J. (2013). Agriculture, modèles
582 productifs et options technologiques : Orientations et débats. *Natures Sciences Sociétés*, 21, 71-76.
583 <https://doi.org/10.1051/nss/2013085>
- 584 Kealiikanakaolehaililani, K., and C.P. Giardina. (2016). Embracing the sacred: An indigenous
585 framework for tomorrow's sustainability science. *Sustainability Science* 11: 57–6
- 586 Lamine, C., & Dawson, J. (2018). The agroecology of food systems : Reconnecting agriculture, food,
587 and the environment. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(6), 629-636.
588 <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1432517>
- 589 Le Gallou, F. (1993). *Systémique. Théories et application*. Ed Tec et Doc
- 590 Le Moigne, J.L. (1990). *Le constructivisme, Tome 1. Des fondements*. ESF
- 591 Lerner, H., & Berg, C. (2017). A Comparison of Three Holistic Approaches to Health : One Health,
592 EcoHealth, and Planetary Health. *Frontiers in Veterinary Science*, 4, 163-163. PubMed.
593 <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00163>
- 594 Lorino, P. (2018). Inquiry: the process of thinking, acting, and mediating. In *Pragmatism and*
595 *organization studies*, ed. P. Lorino, 94–123. Oxford: Oxford University Press.
- 596 Maniglier, P. (2021). *Le philosophe, la Terre et le virus : Bruno Latour expliqué par l'actualité. Les*
597 *liens qui libèrent*. 228.
- 598 Manuel-Navarrete, D., J.J. Kay, and D. Dolderman. (2004). Ecological integrity discourses: Linking
599 ecology with cultural transformation. *Human Ecology Review* 11: 215–229
- 600 Marshall, E., Bonneville, J. R., Francfort I. (1994). *Fonctionnement et diagnostic global de*
601 *l'exploitation agricole: Une méthode interdisciplinaire pour la formation et le développement*.
602 Dijon: ENESAD-SAD

- 603 McGreevy, S. R., Tamura, N., Kobayashi, M., Zollet, S., Hitaka, K., Nicholls, C. I., & Altieri, M. A.
604 (2021). Amplifying agroecological farmer lighthouses in contested territories: navigating historical
605 conditions and forming new clusters in Japan. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 271.
- 606 Meynard, J. M., Messéan, A., Charlier, A., Charrier, M., Farès, M., Le Bail, M., & Magrini, M. B.
607 (2013). Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations
608 agricoles et des filière (p. 226) [Rapport d'étude, INRA].
- 609 Patz, J., Corvalan, C., Horwitz, P., Campbell-Lendrum, D., Watts, N., Maiero, M., Olson, S., Hales,
610 J., Miller, C., Campbell, K., Romanelli, C., & Cooper, H. (2012). Our Planet, Our Health, Our
611 Future : Human health and the Rio Conventions : Biological diversity, climate change and
612 desertification. <https://doi.org/10.13140/2.1.1366.1767>
- 613 Roger, F., Caron, A., Morand, S., Pedrono, M., De Garine-Wichatitsky, M., Chevalier, V., Tran, A.,
614 Gaidet, N., Figuié, M., Visscher, M.-N., & Binot, A. (2016). One Health and EcoHealth : The same
615 wine in different bottles? *Infection Ecology & Epidemiology*, 6: 30978.
616 <https://doi.org/10.3402/iee.v6.30978>
- 617 Scott, J. (1990). *Domination and the Arts of Resistance: Hidden Transcripts*. Yale University
618 Press/Sébillotte, M. (1974). *Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome*.
619 Cahier d'ORSTOM 24, 3-25.
- 620 Silici, L. (2014). *Agroecology : What it is and what it has to offer*. IIED Issue Paper, IIED, London,
621 27.
- 622 Tiftonell, P. (2020). Assessing resilience and adaptability in agroecological transitions. *Agricultural*
623 *Systems*, 184, 102862
- 624 Utter, A., White, A., Méndez, V. E., & Morris, K. (2021). Co-creation of knowledge in agroecology.
625 *Elementa: Science of the Anthropocene*, 9(1), 00026. <https://doi.org/10.1525/elementa.2021.00026>
- 626 Vieweger, A., & Döring, T. (2015). Assessing health in agriculture—Towards a common research
627 framework for soils, plants, animals, humans and ecosystems. *Journal of the science of food and*
628 *agriculture*, 95. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6708>
- 629 Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a
630 Science, a Movement and a Practice. <http://dx.doi.org/10.1051/agro/2009004>, 29, 503-515.
631 https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_3
- 632 Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., & Mouchet, C. (2008). Assessing farm sustainability
633 with the IDEA method—from the concept of agriculture sustainability to case studies on
634 farms. *Sustainable development*, 16(4), 271-281.

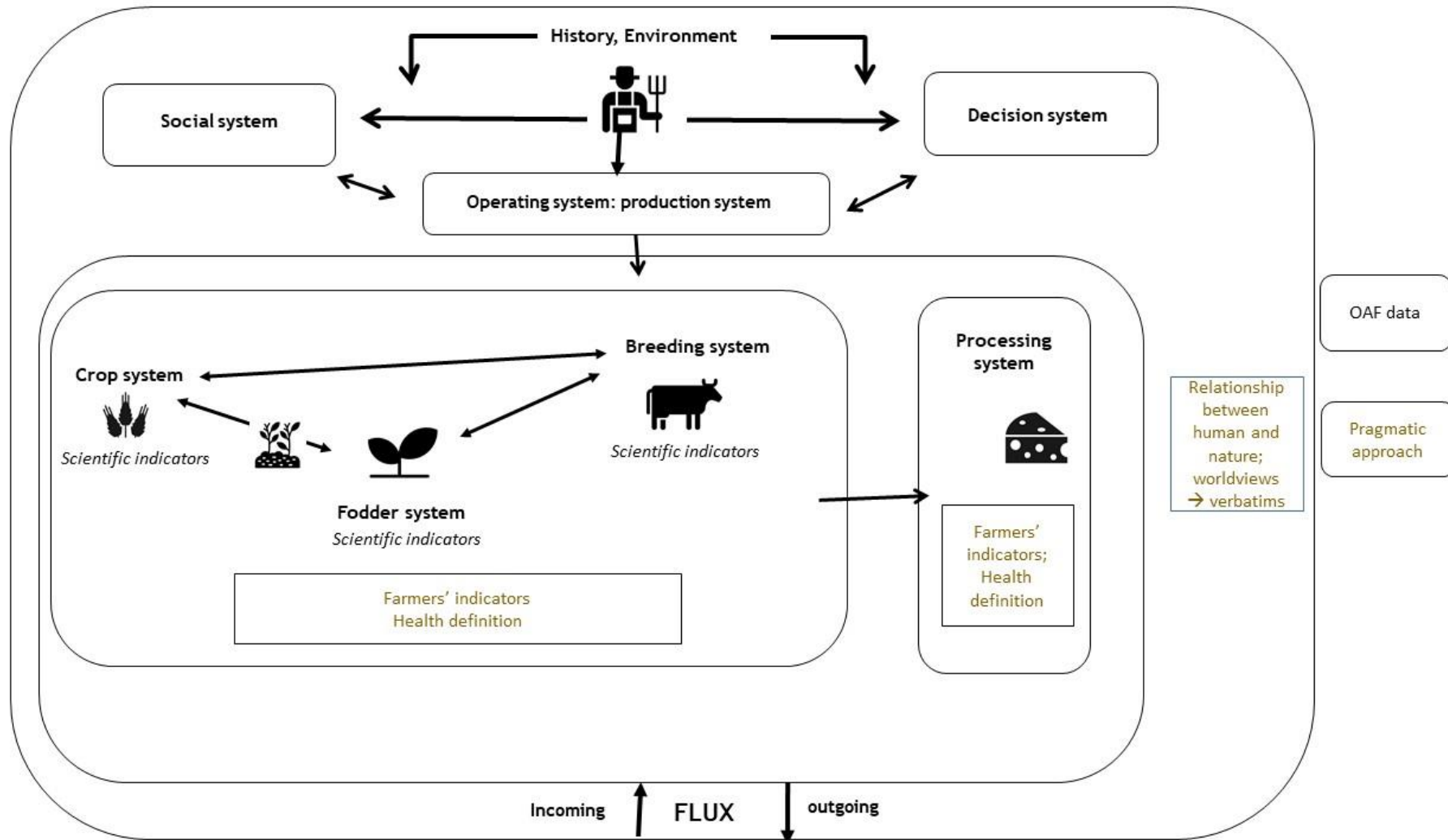
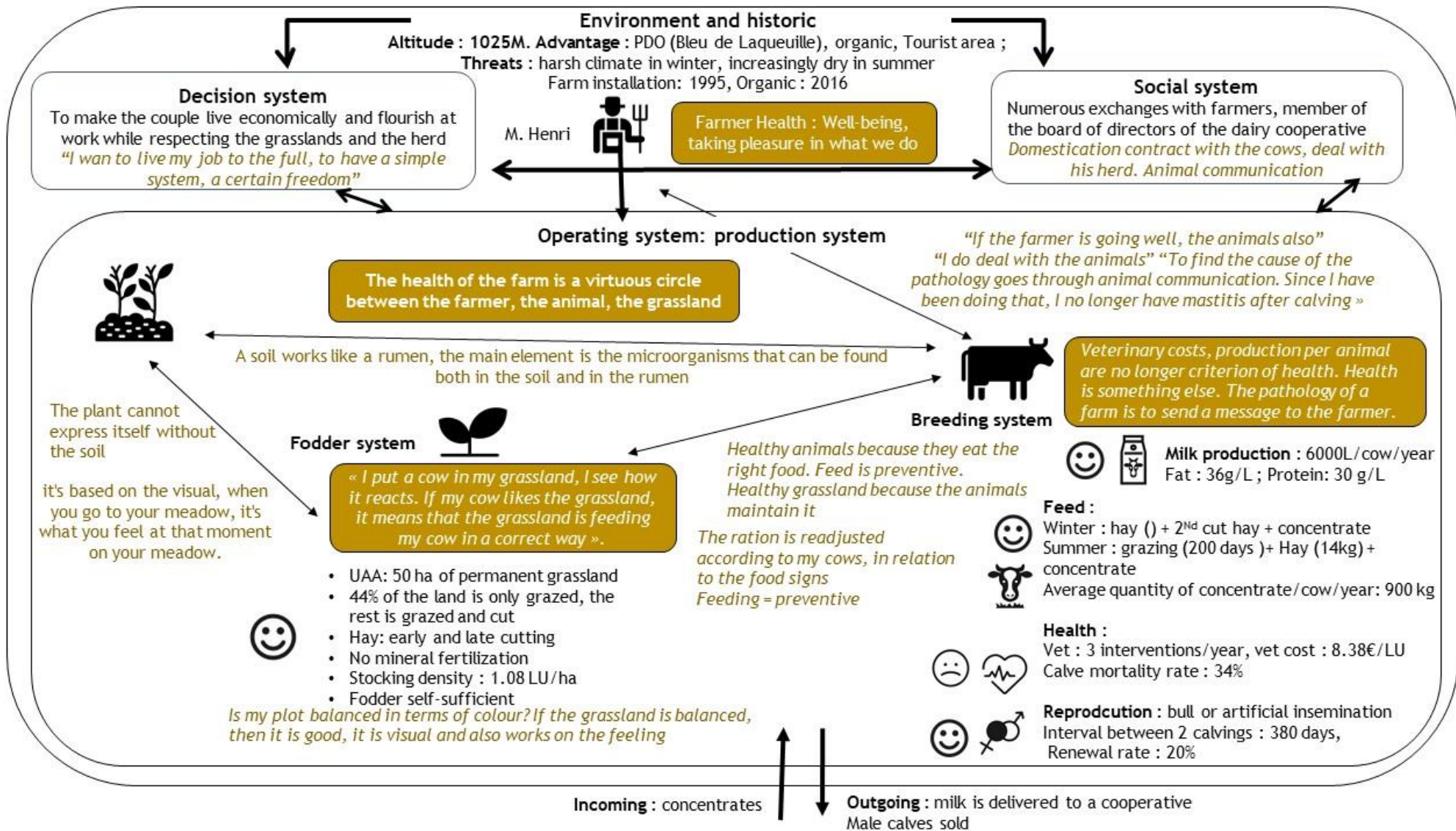


Figure 1 : methodology combining overall approach to farming and pragmatism posture



Mr. Henri's farm analysis

Annexe 2 : Grille de conduite des entretiens

Déroulé de l'entretien

1. Historique, finalités, puis pour vous qu'est ce que la santé globale d'une ferme ?
le laisser parler
→ avoir accès à ce qui entre en compte dans la santé globale pour lui, accéder aux liens entre les différentes santés
2. Revenir sur les thématiques de santé abordées par l'éleveur
Description, ses repères + ceux de la zootechnie
3. Thématique non évoquées par l'éleveur
Pour lui pas dans santé globale ? Pourquoi ne pas l'avoir évoqué ?
Description par rapport aux repères, liens avec les autres santés

Réagir par rapport aux références; voir ce qu'il y a derrière, à quoi vous repérer, éléments concrets, quels sont les signes ? Éléments de langage?
Représenter ça, s'il peut dessiner

Structuration, organisation du questionnaire

Objectif de la partie
Arrières plans, éléments les concernant à récupérer
Questions à poser

Indicateurs de la science naturalisée
Schémas à remplir

Présentation du contexte à l'agriculteur

Dans le cadre d'un projet de recherche nous nous intéressons à la santé globale des fermes agroécologiques et souhaitons comprendre comment elle se met en place sur les fermes. Pour ce faire : réalisation d'entretien auprès d'éleveurs laitiers pour comprendre ce qu'est pour vous la santé globale, comment fonctionne votre système, vos pratiques et vos choix. Nous souhaitons accéder à la manière dont vous appréhendez le monde (réalité de la zootechnie ne correspond jamais complètement à celle de celui qui agit au quotidien) Serait-il possible de vous enregistrer au cours de l'entretien ? Ces enregistrements ne serviront qu'à nous aider à la prise de note, ils seront anonymisés et ne serviront que dans le cadre de ce projet.

Partie 1 : Présentation générale de l'exploitation et notion de santé

Enquêteur(s) : Date de l'entretien :

Identité de l'exploitation :

Nom..... Prénom

Commune :

E-mail : Téléphone :

Statut juridique : Individuel GAEC EARL Autres (précisez) :

Altitude du siège de l'exploitation : Mètres

Pouvez-vous présenter rapidement l'historique de votre ferme, les évolutions ?

Quels sont vos objectifs sur votre ferme ?

Objectif de cette partie : Connaitre pour chaque éleveur sa définition de santé globale des fermes : les thèmes inclus, ce qu'il regarde, comment cela fonctionne

Identifier ce qui relève de la santé pour lui
relever les indicateurs de santé (les siens)
Voir comment il relie les éléments de santé

Lister tous les éléments évoqués :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

A partir de la question des objectifs essayer de faire le lien avec la question de santé

Pour vous, qu'est-ce que la santé à l'échelle de la ferme?

Questions de relance :

- Quels éléments sont inclus dans la santé globale d'une ferme ?
- Quels liens faites vous entre ces éléments ?

Partie 1 : Santé du troupeau

Schémas / indicateurs

Fonctionnement, vision de l'éleveur, indicateurs

Objectif de cette partie : Connaître sa définition de santé du troupeau : sa description, fonctionnement du système, ses repères + les notre. Mise en débat (ce dont il ne parle pas, ce qu'il ne regarde pas...)

1. Qu'est ce que la santé du troupeau ?

Quels sont les indicateurs que vous regardez ? Comment les mesurez vous ? ? Estimez-vous que votre troupeau est en bonne santé ? Sur quels indicateurs/critères vous basez-vous ? Quel lien faites vous entre santé du troupeau et sa conduite ?

2. Comment votre troupeau est-il conduit, organisé ?

Pourquoi avoir choisi cette/ces races ?

3. Comment est gérée la reproduction ? Pourquoi ? (IA/saillies, croisements...)

Comment est géré le renouvellement ? Pourquoi ? Quels critères ?
Comment sont gérées les réformes ? Pourquoi ? Quels critères pour les mises à la réforme ?
Comment se répartissent les vêlages tout au long de l'année ? Pourquoi ?

4. Comment s'organise la production par rapport à votre gestion du troupeau ?

Comment est gérée la traite tout au long de l'année (production toute année, monotraite, période avec tout le troupeau tari...)

Etes-vous satisfait de la production laitière de votre troupeau ? De sa qualité ? Pourquoi ?

Qu'est ce qu'un bon lait ? (Indicateurs)

C'est quoi la santé d'un lait ?

Si transformation :

Pourquoi avoir choisi de faire de la transformation ? Quels sont les types de fromages produits ?

Vos objectifs sont-ils atteints ?

Etes-vous satisfait de la qualité de vos fromages ?

Qu'est-ce qu'un bon fromage ? Qu'est-ce qu'un bon caillé ?

Quels sont les débouchés de votre production laitière ?

Produisez-vous sous un sigle de qualité (bio, agriculture biologique) ? Pourquoi ?

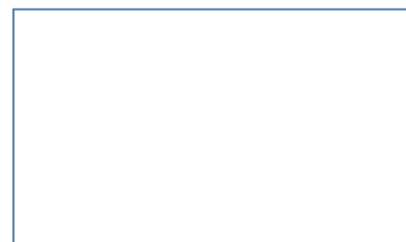
B. Organisation du troupeau

	Montbé.	Prim'H.	Norm.	Tarines	Autres	Autres	Autre
Effectif total VL							
Effectif VL							
Dont en production							
Effectif 2-3							
Effectif 1-2							
Effectif 0-1							

C. Reproduction

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Période												
% des naissances												

Schéma d'élevage



Taux de renouvellement

Taux de réforme

Age moyen à la réforme (raison)

% IA/ Saillie naturelle

% IA réussies

IVV

Age 1^{er} vêlage

% jours improductifs

D. Production

Production laitière	
De l'exploitation	Litres
Par vache et par an	Kg lait/VL/an
TB moyen	g/L
TP moyen	
Cellules	

Prix du lait 1000L :

Quantité de lait transformé :

**recupérer les données de
production et de contrôle laitier**

Partie 1 : Santé du troupeau - suite

5. Quelle gestion de la santé de votre troupeau ?

En préventif ? Quelles pratiques ? Pourquoi ?

Comment sont gérés les **problèmes sanitaires** ? Quelles pratiques de gestion ? Pourquoi ?

Comment décidez-vous de mettre en place telle ou telle pratique (antibio, aroma, phyto, acupuncture...) ?

Existe-t-il une gestion sanitaire particulière des **veaux** ? des **génisses** ? des **vaches laitières** ?

Comment est géré le **parasitisme** ?

Estimez-vous que votre troupeau est en bonne santé ? Sur quels indicateurs/critères vous basez-vous ?

Rencontrez-vous des difficultés de gestion de la santé de votre troupeau ? Lesquelles ?

Pourquoi ? Comment les gérez/travaillez-vous ?

6. Qu'attendez-vous de l'alimentation de votre troupeau ?

Comment gérez-vous l'alimentation de vos animaux au quotidien ? Des vaches laitières ?

Des génisses ? Des veaux ? Pourquoi ?

Comment se passe la distribution ? Y a-t-il des éléments auxquels vous prêtez attention lors de la distribution de la ration ?

Pourquoi ces aliments composent votre ration ?

Qu'est-ce qu'une bonne alimentation ?

Qu'est-ce qu'un animal bien nourri ? Comment faire pour bien le nourrir ?

E. Sanitaire : entrée par catégorie d'animaux

- Taux mortalité veaux
- Nombre de veaux sevrés/100 vaches (taux)
- Date de sevrage (en semaines)
- Nombre de vaccinations / an
- Nb interventions véto/ an
- Nombre antibiotiques/an
- Nb infections subcliniques/ an
- Nb mammites/ an
- Nb VL avec mammites/an
- Nb de vermifuges/an

recupérer le cahier sanitaire

F. Alimentation : entrée par catégorie d'animaux

Remplir les tableaux d'alimentation par catégorie

Part de fourrage acheté, à quelle fréquence

Part de concentré acheté, fréquence

% pâturage dans la ration

Partie 2 : Santé des prairies

Objectif de cette partie : Connaître sa définition de santé des prairies : sa description, fonctionnement du système, ses repères + les notre. Mise en débat (ce dont il ne parle pas, ce qu'il ne regarde pas...)

1. Pour vous qu'est-ce que la santé d'une prairie ?

Quels liens avec les autres santé de la ferme ?
Quels indicateurs utilisez-vous pour l'évaluer ?
Etes-vous satisfait de la santé de vos prairies ?

2. Approche par fonction : pour chaque type

Qu'est-ce qui détermine la décision de pâturage ?
Où se passe la mise à l'herbe ? Qu'est ce qui détermine la mise à l'herbe ?
Comment gérer vous le pâturage ? (type de pâturage) Pourquoi ?
A quelle fréquence changez-vous de parcelle ?
Comment décidez-vous de changer de parcelles ?
Comment déterminez-vous l'ordre des parcelles pâturées ?
Qu'est-ce qui détermine la décision de fauche ? Que regardez-vous exactement ?
Pourquoi ce stade de coupe ?
Quelle sont les interventions ? Quand ? Pourquoi ?
Etes-vous satisfait de votre parcelle ? Qu'est ce qui entre en compte dans l'évaluation ?
Pourquoi ?

3. Qu'est-ce qui détermine la qualité des prairies ?

Qu'est-ce qu'une prairie idéale ? Pourquoi l'est-elle ou pas ?
Qu'est-ce qui détermine la qualité du foin ?
Qu'est-ce qu'un fourrage idéal ? Un bon foin? Pouvez-vous nous montrer ?

4. Comment décidez-vous de la gestion d'une parcelle ?

Comment décidez-vous qu'une parcelle sera pâturée ? fauchée ? alternance entre les deux au sein d'une même année
Comment gérez-vous les périodes estivales ? Faites-vous face à des problèmes de sécheresses ? Comment les gérez-vous ?
Comment décidez vous des différentes interventions sur vos parcelles ?
Qu'est-ce qu'une bonne fumure ? Quel impact sur les prairies ?

Schéma des parcelles avec entrée par fonction (pâturage VL, pâturage génisse, fauche précoce, fauche tardive, mixte)
Pour chaque type de surface, les pratiques et modes d'utilisation sont détaillés, de façon à caractériser la zone par un niveau d'intensification et une attente de la part de l'éleveur, qui ont une influence sur la diversité floristique des prairies

Surface pâturée en ha

Date de pâturage (début-fin), nombre de jour pâturage intégral

Chargement

Surface fauchée en ha

Nombre de coupe et rendement de chaque coupe

Stades de fauche

Fertilisation/amendement

Ce qui est apporté, quantité/ha

Fréquence

Pourquoi? Comment ?

**Faire remplir calendrier
pâturage, interventions**

Partie 3 : Santé du cultures

Objectif de cette partie : Connaître sa définition de santé des cultures : sa description, fonctionnement du système, ses repères + les notre. Mise en débat (ce dont il ne parle pas , ce qu'il ne regarde pas...)

1. Pour vous qu'est-ce que la santé d'une culture ?

Quels liens avec les autres santé de la ferme ?

Quels indicateurs utilisez-vous pour l'évaluer ?

Etes-vous satisfait de la santé de vos grandes cultures ?

2. Comment décidez-vous de la gestion d'une parcelle ?

Comment décidez vous des différentes interventions sur vos parcelles ?

ha SAU			
Récolte	Surface	Rdt MS/ha	Fumure organique

Débouchés :

ITK pour chaque culture



Partie 4 : Santé du sol

Objectif de cette partie : Connaître sa définition de santé du sol : sa description, fonctionnement du système, ses repères + les notre. Mise en débat (ce dont il ne parle pas , ce qu'il ne regarde pas...)

Pour vous qu'est-ce que la santé du sol ?

- Quels indicateurs utilisez-vous pour l'évaluer ?
- Etes-vous satisfait de la santé de vos sols ?
- Qu'est-ce qu'un bon sol ?
- Comment évaluez-vous qu'un sol est bon ?

Comment gérez vous vols sols ?

- Quelles interventions? Pourquoi?
- Qu'est ce qui détermine la décision d'intervention sur un sol ?
- Quels sont les types de sol de l'exploitation ?

Partie 5 : Santé de l'éleveur

Qu'est-ce que la santé de l'éleveur ?

ECONOMIE

Pour vous qu'est ce que la santé économique d'une ferme ?
Êtes-vous satisfait de votre revenu ?

TRAVAIL

Quel est votre ressenti général sur votre travail ?
En termes de temps de travail ?
En termes de qualité de vie au travail ?
Quelle activité jugez-vous la plus contraignante dans votre travail ?
Avez-vous des périodes avec des pics de travail ? A quelle fréquence ?
Dus à quelle(s) activité(s) ? Comment les gérez-vous ?
Si il y a eu des évolutions marquantes dans le système de production :
quel impact de l'évolution de vos pratiques, de votre façon de produire sur votre travail ?

Indicateurs :

MB, EBE

Demander ce qui n'est pas déclaré

Frais véto

Charges opérationnelles, charges d'alimentation

Récupérer les comptes de résultat et le grand livre

Main d'œuvre de l'exploitation

Nombre d'associés :

Nombre d'Unité de Travail Humain (UTH) : dont salariés :

Nombre de personnes bénévoles ayant une présence régulière sur l'année :
.....

Durée journalière de travail :

Différence le week-end ? Oui : ; Non

Arrivez-vous à vous libérer certains week-end (ou dimanche) ? Oui Non

Si oui, combien par an en moyenne ?
.....

Comment y arrivez-vous ?
.....

Combien de jours de vacances par an arrivez-vous à vous libérer ? A quelle période ?

Partie 6 : Environnement

Objectif de cette partie : avoir des éléments sur l'environnement de la ferme et sa par l'éleveur

Pour vous, votre mode de production est-il en adéquation avec le milieu ?

Qu'est-ce qui vous permet de le dire ? Que prenez-vous en compte ?

Est-ce qu'il y a des éléments de l'environnement dans lequel s'inscrit la ferme auxquels vous attachez de l'importance (paysage...) ? Pourquoi ? Ce qui est observé ?

L'exploitation est-elle exposée à des aléas climatiques ?

Lesquels ?

Comment ?

Mettez-vous en place de mesures pour limiter ces aléas ?

Vous sentez vous exposé à un risque économique ?

Lesquels ?

Pourquoi ?

Mettez-vous en place de mesures pour limiter ce risque ?

Indicateurs à récupérer

pluviométrie, T → remplir à posteriori d'après les données climatiques

localisation géographique et distance aux villes → analyse cartographique

Annexe 3 : Protocole académique d'évaluation de la santé des troupeaux

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

PROTOCOLE DU SUIVI FERME : Santé des vaches laitières

1. Définition de la santé animale et hypothèses

Santé animale = l'application de la notion de santé à l'animale et donc l'absence de maladie, elle est par ailleurs souvent associée à la notion de bien-être animal/ bientraitance. La santé animale peut donc être évaluée à travers des indicateurs de production, reproduction, apparition de problèmes sanitaires...

Hypothèses = l'alimentation s'appuyant sur des quantités limitées, avec un ordre de distribution et une synchronisation des repas a des effets bénéfiques sur la santé animale

Pour les éleveurs, l'observation de l'animal (signe physique, son comportement) sont les indicateurs principaux pour juger de la santé de l'animal (et pas seulement les coûts vétérinaires ou le nombre de pathologies)

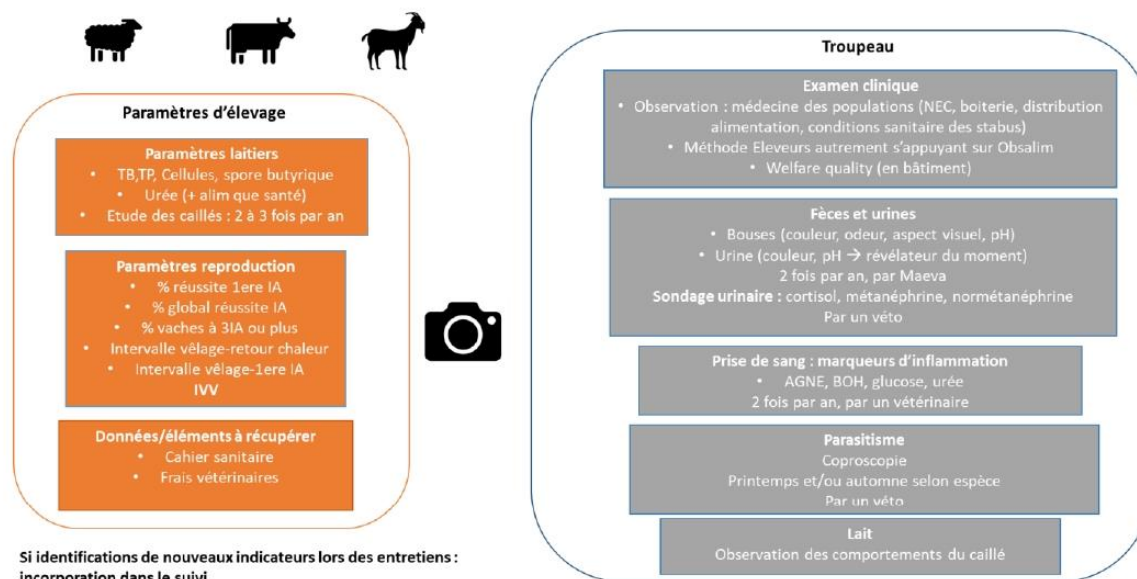
A garder en mémoire = lors des élevages à bas niveau de production <7000-8000L/VL/an : ne devrait pas avoir de gros problème sanitaire, on ne percevra pas les maladies de production

Fermes concernées par le suivi : 18 fermes en élevage laitier, en bovin, ovin ou caprin dans les départements 63-15-42-43.

Quelques repères pour les petits ruminants :

*Chèvre : 1/10 eme de vache en poids vif (peut monter jusqu'à 80-85 kg), quantité de lait produite (PH : 10000, chèvre Saneen : 1000 kg), lactation (TB, TP quasiment identique que pour la vache). Exemple de production : 900kg de lait/ lactation, avec 2 à 2,5 kg MS / J. Comme chez la vache petit décalage en début de lactation entre capacité ingestion et besoin

*Brebis : composition du lait différente que pour la vache -> Riche en protéines et matière grasse TB : 60-90 ; TP : 50-70. Quantité ingérée : un peu moins qu'une chèvre (1.5-2kg) Les besoins ont des besoins supérieurs aux vaches ou chèvres car lait plus riche. La courbe de lactation de la brebis diffère : décroissance quasi linéaire, dure 8-9 mois



Si identifications de nouveaux indicateurs lors des entretiens :
incorporation dans le suivi

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

2. Paramètres d'élevage en lien avec la santé : récupération de documents d'élevage et discussion avec éleveur/éleveuse

Objectif : évaluer la santé des animaux et leur niveau de production

2.1. Paramètres laitiers : bilan technique du contrôle laitier/ données laiterie en 2019-2020-2021

Production laitière, TB, TP, cellules, spores butyriques, germes, urée

Récupération de ces données via les **documents de contrôle laitier, paye du lait, suivi de troupeau ...**

Au cours des entretiens des premières données concernant fin 2019-début 2020 sont récupérées

2.2. Paramètres de reproduction : 2019-2020-2021

Les paramètres de reproduction suivants seront récupérés grâce aux entretiens et aux documents techniques de suivi de la reproduction (si possible récupérer **les données des centres d'IA**, plus fiables)

- % réussite 1ere IA
- % global réussite IA
- % vaches à 3IA ou plus
- Intervalle vêlage-retour chaleur
- Intervalle vêlage-1ere IA
- IVV
- Date entrée et sortie du bélier avec brebis

Les indicateurs récoltés couvriront les deux ans de suivi et seront adaptés à l'espèce étudiée
Si de nouveaux indicateurs sont identifiés au cours des entretiens, ils seront alors ajoutés à ce protocole.

2.3. Paramètres sanitaires : 2019-2020-2021

La récupération du **cahier sanitaire** permettra d'identifier

- Nombre de vaccinations / an
- Nb interventions véto/ an
- Nombre antibiotiques/an
- Nb infections subcliniques/ an
- Nb mammites/ an
- Nb VL avec mammites/an
- Nb de vermifuges/an
- Nb de vêlage difficiles (intervention éleveur, intervention du vétérinaire)
- Taux de mortalité des veaux (vêlage, puis avant sevrage, après sevrage)
- Taux de mortalité des vaches
- Nb de vaches couchées (acétonémie)
- Nombre de dystocie (besoin d'aider vache lors du vêlage)

i.e. l'ensemble des interventions sanitaires, des traitements ayant eu lieu au sein de chaque troupeau

Frais vétérinaire

Au sein de chaque **grand livre des fermes** récupérer les données économiques concernant les données sanitaires. Cela traduira une partie de l'impact économique de l'état de santé du troupeau

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

2.4. Questions à poser à l'éleveur en lien avec le bien-être des animaux

3. **Ecornage** (demander à l'agri) : Oui Non Note :

0 - Pas d'écornage ni d'ébourgeonnage

1 - Ébourgeonnage des veaux par thermocautère

2 - Ébourgeonnage des veaux à la pâte caustique

3 - Abattage du bétail

et

0 - Utilisation d'anesthésiques

2 - Pas d'utilisation d'anesthésiques

et

0 - Utilisation d'analgésiques

2 - Pas d'utilisation d'analgésiques

4. **Queue coupée** (demander à l'agri) : Oui Non Note :

0 - Pas d'amarrage de la queue

1 - Arrimage de la queue à l'aide d'anneaux en caoutchouc

2 - L'amarrage de la queue par la chirurgie

et

0 - Utilisation d'anesthésiques

2 - Pas d'utilisation d'anesthésiques

et

0 - Utilisation d'analgésiques

2 - Pas d'utilisation d'analgésiques

Fréquence de raclage :

-Possibilité d'accéder au pâturage/ extérieur : Oui (note 0) Combien d'animaux ?

.....

Non (note 2)

5. Possibilité d'accès (troupeau) à une aire extérieur (aire de détente) : Oui (=0) Non (=2)

6. Possibilité d'accès (troupeau) au pâturage : Oui (=0) Non (=2)

7. Nombre de jour de pâturage dans l'année :

8. Nombre d'heure de pâturage par jour :

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

2. Combien de temps (en moyenne) les vaches ont-elles accès à la pâture et à la stabulation par an ?
(insérer jours et mois correspondants dans le tableau ci-dessous)

	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
stabulation utilisée jour et nuit (ex : 10 nov au 10 mars)												
stabulation la nuit seulement (ex : 10 oct au 10 nov)												
Accès à la pâture autorisé (ex : 1 ^{er} avr au 15 nov)												
Accès à la pâture non autorisée (ex : 15 nov au 1 ^{er} avr)												

Lorsque la stabulation est ouverte seulement la nuit, combien d'heures les vaches ont-elles accès à la pâture par jour ?H/jour

9. Mortalité : nombre d'animaux (adulte en production) mort sur les 12 derniers mois :
10. Dystocie (problème au vêlage) sur les 12 derniers mois :
11. Vache ne pouvant pas marcher sur les 12 derniers mois :

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

3. Mesures à effectuer sur le troupeau pour évaluer la santé

Déroulé de la journée : réalisez les mesures selon le déroulé suivant

Distribution alimentation (si vous arrivez le matin à ce moment-là)	Observation du déroulé, ordre de distribution... Partie 1 page 6
<ul style="list-style-type: none"> • QBA (20 minutes) • Puis Observation de comportement : 2H (9h30-11h30 environ) → coucher, collision, comportement agonistique, toux, rumination 	<p>Lorsque les animaux ne sont plus bloqués, attendre 5 minutes puis commencer les observations</p> <p>Partie 2 page 7 Remplir Grille annexe pour Observation du comportement et note de remplissage de rumen</p>
Note de remplissage de rumen (entre 10h et 12h)	Note individuelle depuis l'enclos Partie 3 page 11
Evaluation bâtiment (peut être décalé dans la journée) + prise de photos	Attention particulière auge + abreuvoirs Partie 4 page 12
<i>Pause repas, échanges agris</i>	Récupérer les données techniques et sanitaires Questionnaire sur les pratiques fines de gestion des prairies. Enregistrer l'échange → Peut-être décalé dans la journée Au début du doc, page 2
Mesures individuelles (médecine pop + Welfare)	NEC-Rumen-Propreté -Boiterie- Aplombs- Altération tégument -Ecoulement nasal – Respiration ... Partie 5 page 13
Traite A la fin de la traite : prélèvements	Lait de tank : 1 échantillon à envoyer à Agrolab's + 4 échantillons de réserve Echantillon lait pour caillés, observation du troupeau (comportement, bouses...) Partie 6 et 7 page 17
Distribution alimentation Faire la distance d'évitement au Cornadis	Observation du déroulé, ordre de distribution... Partie 1 page 6
Déposer échantillon aux Cèdres avec bordereau d'envoi	Point de RDV avec Audrey ou Maeva pour déposer les échantillons

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

Partie 1 Alimentation

Toutes les vaches ont-elles accès à l'auge ? Oui Non

Nombre de place au cornadis :

Notez la ration distribuée aux animaux (quantité, aspect,...), l'ordre de distribution...

Ration du troupeau	
--------------------	--

Refus PRENDRE PHOTO	Quantité de refus :
----------------------------	---------------------

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

Partie 2. Evaluation du troupeau depuis extérieur enclos : distance d'évitement, QBA, comportement social

Distance d'évitement

Ce test peut commencer lorsqu'au moins 75% des vaches sont revenues de la traite. Se placer dans le couloir d'alimentation à 2 mètres devant les animaux qui doivent être testés. La tête de l'animal doit être complètement hors du bac d'alimentation / cornadis. L'animal doit avoir détecté la présence de l'examineur: il le regarde. Si l'animal ne regarde pas l'évaluateur, il ne doit pas être testé. Pour capter son attention, faire quelques mouvements lents devant lui. Si l'évaluateur ne peut pas se placer à 2m devant les animaux pour le test d'approche, choisir un angle de 45° par rapport au bac d'alimentation et commencer le test à une distance de 2.5m. Si une distance de 2.5m n'est pas possible, se placer à une distance maximale et la noter. Approcher l'animal avec une vitesse d'un pas par seconde (foulée de 60cm), en positionnant le bras à 45° du corps et en présentant le dos de la main. Ne pas regarder l'animal dans les yeux mais le museau. S'arrêter lorsque l'animal montre un signe d'évitement ou lorsque vous l'avez touché sur le museau. Noter la distance entre la main de l'observateur et la partie la plus proche de la tête (nez...).

⚠ cela dépend du type de stabulation et reste subjectif (comportement de l'humain...)

	Nombre d'animaux concernés
% animaux qui peuvent être touchés	
% animaux qui peuvent être approchés à moins de 50 cm mais ne pas être touché	
% animaux pouvant être approchés de 100 à 50 cm	
% animaux qui ne peuvent pas être approchés à une distance de 100 cm	

Evaluation qualitative du comportement (QBA)

L'observateur se place à différents endroits du bâtiment et observe la qualité d'expression des activités des bovins pendant une durée fixe (20 minutes pour les exploitations laitières). Selon l'organisation de la stabulation, découper en plusieurs segments d'observations. Il ne faut pas dépasser 20 à 25 animaux observés en même temps. À la fin des observations, l'observateur note le niveau de la ferme pour 20 qualitatifs sur une échelle visuelle analogue : cette échelle s'étend d'un niveau minimum (la qualité d'expression indiquée par le terme est absente chez tous les animaux observés) à un maximum (la qualité d'expression est dominante chez tous les animaux observés). **1 notation par adjectif pour l'ensemble de troupeau et des segments.**

Nombre de points d'observation

Nb de segments	1	2	3	4	5	6	7	8
Durée observation	20	10	6.5	5	4	3.5	3	2.5

N° troupeau :

Nom élève :

Date :

occupé Min. Max.
|-----|

positivement

plein d'entrain Min. Max.
|-----|

curieux Min. Max.
|-----|

irritable Min. Max.
|-----|

mal à l'aise Min. Max.
|-----|

qui cherche Min. Max.
le contact social |-----|

apathique Min. Max.
|-----|

heureux Min. Max.
|-----|

en détresse Min. Max.
|-----|

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

Comportement social

Temps nécessaire aux animaux pour se coucher : (Attention, dépend de l'âge)

Nombre animaux couchés en dehors zone de couchage (et nombre d'animaux couchés) :

Rythme de rumination : (mastications/min)

% d'animaux qui rentrent en collision avec des éléments du bâtiment :

Comportement agonistique (coup de tête, poursuite, animaux qui se battent, poursuites...) : regarder lors de l'observation du troupeau, des NECS...

⚠ cela dépend de la taille du bâtiment (plus il est grand moins on le voit, de la météo, du moment de la journée...)

Les chèvres ont bien comportement agonistique. Pour les brebis et les chèvres : voir si les animaux sont synchronisés ou pas, si synchronisés : normalement se battent moins lorsqu'elles sont en chaleur

si certains comportements apparaissent et noter le nombre d'animaux concernés pour chaque comportement:

Comportement	Nombre d'animaux concernés
Coup de tête	
Déplacement (contact physique : bute, frappe, pousse..)	
Poursuite	
Se battent (nouvelle séquence si dépasse 10secondes)	
Fait se lever un autre animal	

Remplir la grille de terrain associée

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

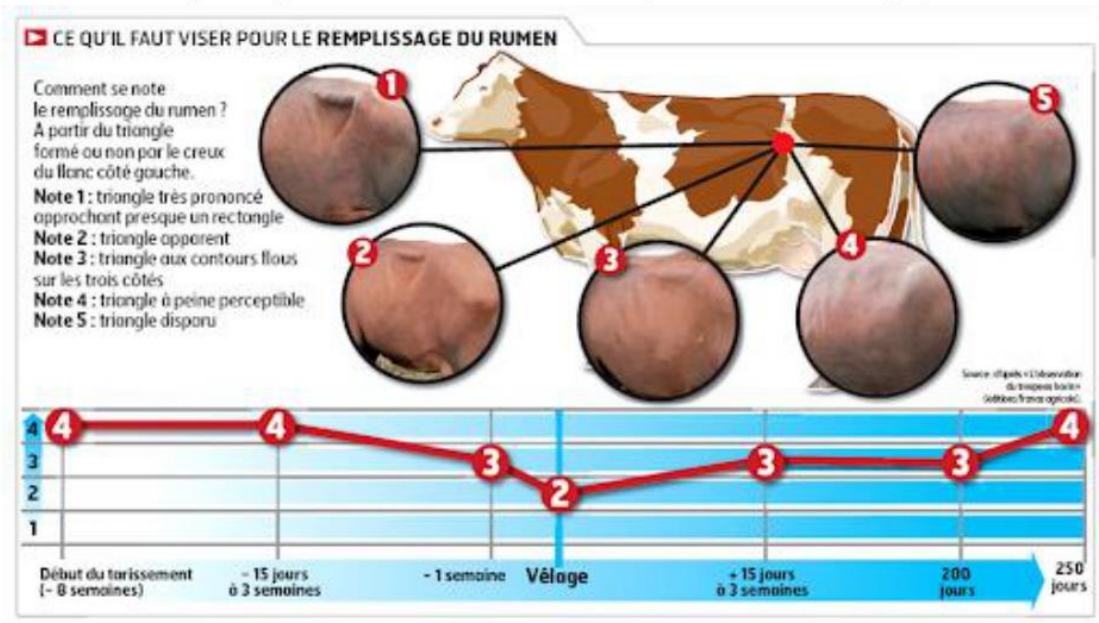
Partie 3. Evaluation individuelle du remplissage du rumen

<30 VL : toutes les vaches
60-70 VL : 41 (35)

30-40 VL : 33 VL
70 à 80 VL : 44 (37)

40-50VL : 37 (32)
80-90VL : 47 (39)

-Note de remplissage du rumen : note de 1 à 5 pour médecine des populations



N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

Partie 4 Evaluation du bâtiment (médecine des populations et welfare quality)

Ambiance générale

- Odeur :
- Humidité (Hygromètre) : ...point 1 :point 2 :point 3 :
- Température (Thermomètre) : °C
- Luminosité (Luxmètre) : point 1 :point 2 :point 3 :point 4 :
- Hygiène (sol, plafond, auge, présence d'oiseau):

Dimension de la stabulation (télémètre) :

Nombre d'animaux : - en lactation :

-tarées :

-allaitantes :

Type de stabulation : aire paillée logette individuelle à l'attache

Type de logette

Note 0 si libre de mouvement, Note 2 si attache :

Abreuvoirs :

Type :

Nombre (/type) :

Longueur des abreuvoirs :

Emplacement/répartition :

Propreté (0 : propre ; 1 : partiellement sale; 2 : sale abreuvoir et eau) :

Nombre d'abreuvoirs avec un débit suffisant (Vérifiez la quantité d'eau qui sort par minute, en le remplissant jusqu'au bord, puis en recueillant le trop-plein pendant 1 minute à l'aide d'un seau. Pour être suffisant, le débit d'eau doit être d'au moins 10 L/min en cas d'un bol et 20 L/min dans le cas d'une auge) :

Longueur de l'abreuvoir avec un débit d'eau suffisant :

Etat de marche (0 : fonctionne ; 2 : mauvais fonctionnement) :

Température estimée (+ présence système hors-gel ? protection soleil été ?) :

Présence de

12. Ventilateur : Oui Combien ? Non

13. pare vent : Oui Combien ? Non

14. système de douche : Oui Combien ? Non

15. brosse rotative : Oui Combien ? Non

Prendre en photos le bâtiment, le cornadis/auge, logettes, abreuvoirs

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

Partie 5 Evaluation individuelle des animaux, depuis l'enclos

Notation Etat Corporel :

Médecine des populations : note de 1 à 5, attention tarissement : un peu plus grasse, **bien mettre en face le stade de lactation. Voir fiches détaillées**

	Note 1 Très mauvais état (émacié)	Note 2 Squelette bien visible	Note 3 Squelette et couverture équilibrés	Note 4 Couverture dominante	Note 5 Trop grasse
Vertèbres lombaires	 Épines dorsales : en dents-de-scie	 Épines dorsales : individualisées	 Épines dorsales : en forme de crête pointue	 Épines dorsales : aplaties, non individualisées	 Épines dorsales : couvertes de graisse
	 Apophyses transverses : très proéminentes, > 1/2 visibles	 Apophyses transverses : 1/2 à 1/3 visibles	 Apophyses transverses : 1/4 visibles	 Apophyses transverses : crête fluide et arrondie	 Apophyses transverses : couvertes de graisse, crête à peine visible
Croupe	 Pointes de la fesse très proéminentes, fosses caudales en forme de V	 Pointes de la fesse proéminentes, fosses caudales en forme de U	 Pointes de la fesse arrondies, fosses caudales peu profondes	 Pointes de la fesse couvertes de graisse, fosses caudales en partie remplies de graisse	 Pointes de la fesse couvertes de graisse, fosses caudales remplies de graisse avec des pits

Note	0	1	2	3	4	5
Main gauche sur ligament sacro tubéral (attache de la queue)	Peau adhérente	Peau tendue	Peau se décolle		Peau souple	Peau rebondie
	Pincement difficile	Pincement possible	Léger dépôt identifiable	Poignée de gras	Bonne poignée de gras	Pleine poignée de gras
Main droite à plat sur les deux dernières côtes	Peau tendue et collée sur les côtes		Peau souple	Peau "roule" entre la main et l'os		Un épais "matelas" recouvre les côtes
	Côtes sèches	Côtes saillantes	Côtes encore bien distinctes	Dépression intercostale	Plus de dépression intercostale	

Si les appréciations données par les mains droite et gauche ne concordent pas, on fait la moyenne des deux appréciations.

Welfare quality : note 0-1-2 :

0 - Condition physique normale

1 - Très maigre : indicateurs de "très maigre" présent dans au moins trois régions du corps

2 - Très gras : indicateurs de "très gras" présent dans au moins trois régions du corps

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

Zones à regarder : Attache de la queue, les os des hanches, la colonne vertébrale, côtes, épine dorsale

Note de propreté des animaux :

Médecine des populations

Cuisse, mamelle, jarrets

1 = aucune salissure visible

2 = salissure <50% de la zone

3 = salissure > 50% de la zone

4 = plaque <50% de la zone

5 = plaque > 50% de la zone

Welfare quality :

Bas des pattes arrière :

0 - Pas de saleté ou de petites éclaboussures

2 - Plaques de saleté séparées ou continues au-dessus de la bande coronaire

Arrière (haut et dos) :

0 - Pas de saleté ou d'éclaboussures mineures

2 - Plaques de saleté séparées ou continues

Pis :

0 - Pas de saleté ou d'éclaboussures mineures, sauf sur les trayons

2 - Plaques distinctes de saleté sur la mamelle ou toute saleté sur et autour des trayons

- **Pied / aplomb** (attention à la nature du sol, sur les sols durs et plans voir si les vaches ont tendances à glisser, démarche harmonieuse, dissymétrie dans la démarche) :

*note de motricité :

1 = sain : dos plat arrêt et marche,

2 = légèrement boiteuse, dos plat à l'arrêt, voussé à la marche

3 = modérément boiteuse, dos voussé à l'arrêt et à la marche, pas plus petits sur un ou plusieurs membres

4 = boiteuse, dos voussé, soulage un membre mais peut encore mettre de l'appui sur celui-ci

5 = gravement boiteuse, dos voussé, suppression totale d'appui, difficulté au relevé

*note des aplombs (attention à la taille de la mamelle, si énorme peut gêner la démarche)

1 = vache saine, membres droits et parallèles ;

2 = atteinte modérée, rotation légère des jarrets <24° ;

3 = atteinte sévère, rotation importante des jarrets > 24° et jarrets serrés) = vache boiteuse

Welfare quality :

0 - Pas boiteux : timing des pas et port de poids égal sur les quatre pieds.

1 - Boiteux : rythme temporel imparfait dans la foulée créant un boitement

2 - Gravement boiteux : forte réticence à porter son poids sur un membre, ou plus d'un membre touché

Si à l'attache : 0 - Pas boiteux : vache ne présentant aucun des indicateurs (s'appuie plus sur un pied, s'appuie sur le bord du pied, réticence à mettre du poids sur un pied)

2 - Boiteuse : vache présentant au moins un des quatre indicateurs énumérés ci-dessus

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

Bouses : indicateur qui reflète principalement l'alimentation, plutôt sur le long terme

- **Couleur** : couleur réelle dépend de la luminosité (plutôt des bouses vertes sombres), herbe jeunes : bouses plus claires
- Verte foncée : perte en protéine = trop de protéine ou pas assez d'énergie
- Jaunâtre : trop d'énergie ou pas assez d'azote
- Présence de sang : coccidies, lésions intestinales...
- **Aspect visuel** : se tient, forme de cratère, trou au milieu, qui part dans toutes les directions...
Si bulles : gaz = fermentation, les gaz vont s'échapper par orifice le plus proche. Vache, chèvre, brebis : éructation. Si bulle dans bouse = digestibilité pas assez bonne : ration trop fibreuse, peu digeste
- **Réaliser le test de la botte**
 - 1= liquide à diarrhée
 - 2=bouse étalée en flaque derrière la vache
 - 3= bouse de type crème fluide, pas d'empreinte de la botte (objectif haute productrice)
 - 4 = bouse en tas type purée épaisse. Empreinte de la botte + succion (objectif fin de lactation, tarissement)
 - 5 = bouse en tas, sèche avec des stries circulaires jusqu'à crottin de cheval (= déshydratée)

Note : 1


2

3

4

5



Description	Fèces très aqueuses ; consistance d'une soupe de pois	Fèces crémeuses mais bouse reconnaissable. Eclaboussure à l'émission	Fèces épaisses. Bouse bien définie, de 2 cm d'épaisseur, s'étalant	Fèces dures. Bouse bien définie, en anneaux, s'étalant peu.	Fèces en balle (crotin). Surface sombre et luisante.
Test de la botte 			Pas de sensation de succion, pas d'empreinte	Succion au retrait, Empreinte de la semelle visible	Empreinte de la semelle visible
Interprétation	Excès d'azote Excès d'amidon ou de glucide fermentescible Excès minéral Excès d'eau	Excès d'azote Excès d'amidon ou de glucide fermentescible Manque de fibre Jeune pâtures	Ration bien digérée	Excès de fibre Manque d'azote	Excès de fibre Manque d'azote Consommation d'eau insuffisante

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

Paramètres supplémentaires de Welfare quality

16. **Altération du tégument** (perte de poils, parasitisme, dermatite, dartres, carences zinc/cuivre = autour des yeux, en lunette, avec œil opaque, verrue) :

Pourcentage d'animaux sans altération des téguments (pas de tache glabre, pas de lésion/gonflement) :

Pourcentage d'animaux présentant de légères altérations du tégument (au moins une tache glabre, pas de lésion/gonflement) :

Pourcentage d'animaux présentant de graves altérations du tégument (au moins une lésion/gonflement) :

Quelle partie du corps ?

17. **Toux** : nombre d'animaux concernés et nombre de toux/animal en 15 minutes :

.....
.....

18. **Respiration difficile** (nombre de respiration augmentée, bruit montrant des difficultés respiratoires) : nombre d'animaux concernés

19. **Ecoulement nasal** : nombre d'animaux concernés

20. **Ecoulement oculaire** : nombre d'animaux concernés

21. **Pertes vulvaires (attention chaleurs)** : nombre d'animaux concernés

.....

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

Partie 6. Prélèvements laitier le soir

Prélever **5 échantillons de lait de tank**. A partir du récipient fourni en bout de canne prélever un premier échantillon stérile qui sera analysé pour les germes + chimie (Agrolab's).



Afin de conserver le tube stérile : bien se laver les mains, ouvrir uniquement juste avant le prélèvement, toucher uniquement la partie haute de la tige.

Prendre en échantillon de réserve 2 tubes de 40 ml, 1 tube de 10 ml, 1 tube de 15ml rempli uniquement à 3ml. Pour l'échantillon analysé à l'agrolab's : coller l'étiquette fournie sur le bon de commande. Indiquer sur le bon de commande la référence de notre échantillon (T1-P1-VL-Lait-IR+ germes). Indiquer sur la fiche de suivi puis sur le fichier excel le n° correspondant sur l'étiquette du bordereau. Pour chaque échantillon : notre identifiant (T1-P1...) et identifiant agrolab's (944803-1).

5 fois : hiver, printemps (lors de la visite sol), été, automne (visite sol 2), hiver 21-22

5 échantillons/troupeaux (**1 analysés**, 4 réserve)

21 troupeaux : 15 VL, 4 chèvres, 2 brebis

- ➔ 200 échantillons analysés Agrolabs
- ➔ Echantillon réserve : formagraph, AG, minéraux + 1 réserve





Tube servant pour l'analyse des vitamines, remplir aux 2/3.
Etiquette Réserve Vit.

N° troupeau :

Nom éleveur :

Date :

		<p>Tube de 40 mL servant pour l'analyse du formagraph et de réserve</p> <p>2 tubes par troupeau : 22. Réserve Form. 23. Réserve 1</p>
		<p>Tube servant à l'analyse des acides gras, remplir un peu au dessus du 1/3</p> <p>Etiquette : Reserve AG</p>

Partie 7. Observation des caillés

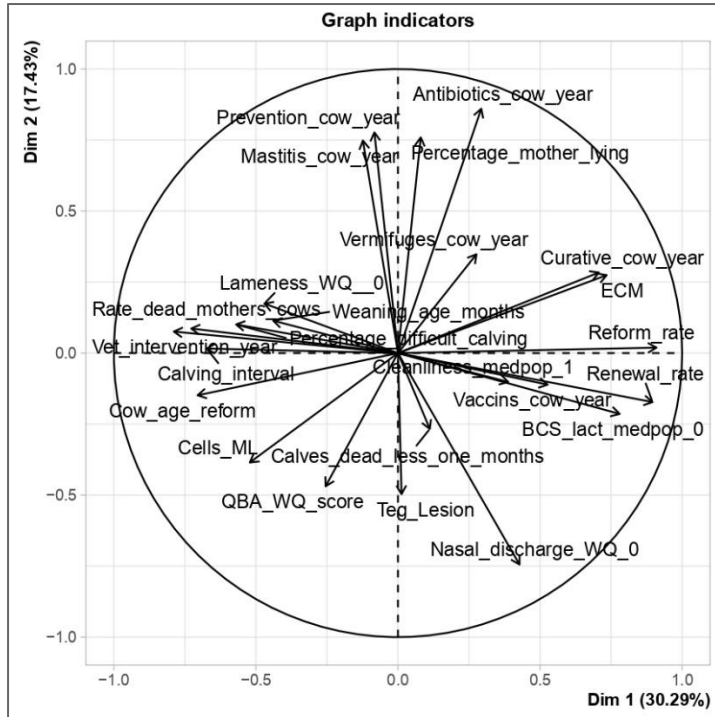
Observation la capacité du lait à cailler tout seul à température ambiante (**environ 20°C**). Permet de refléter la « santé du lait »

Récupérer - échantillons de 200 ml du lait de mélange de la traite pour l'ensemble des troupeaux du réseau. Laisser les échantillons à T° ambiante dans des tubes transparents (sur chaque tube annoter date, identification troupeau), observer l'évolution du caillé (prise de photos échantillon) tous les 2-3 jours pendant 1 mois. Conserver 3 échantillons sur chaque ferme (les photos sont prises par l'agriculteur) et 3 échantillons à VetAgro (permettra de vérifier si le trajet a une incidence).

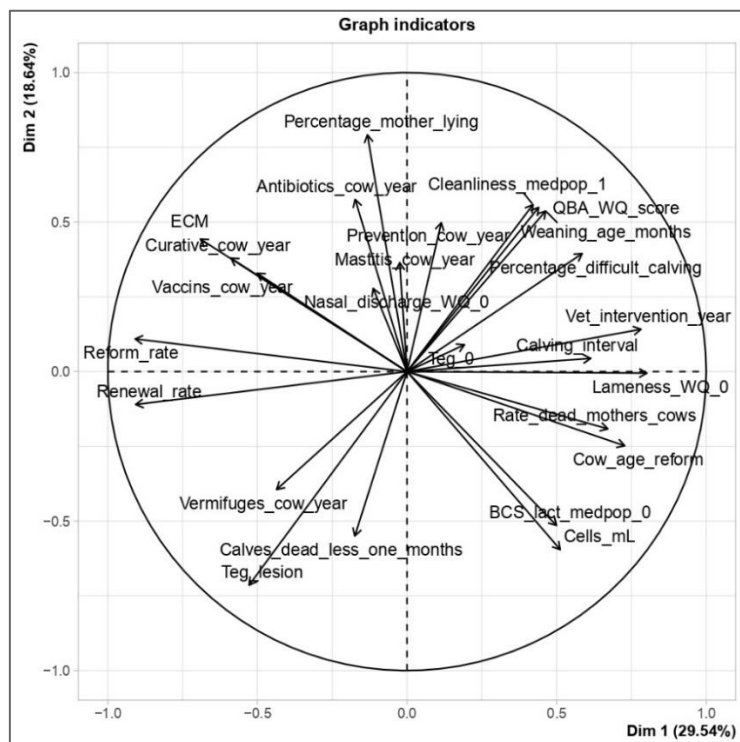
<p>5 fois : hiver, printemps (lors de la visite sol), été, automne (visite sol 2), hiver 21-22</p>
<p>5 échantillons/ troupeaux 21 troupeaux → 525 échantillons</p>

Annexe 4 : ACM permettant de choisir les indicateurs conservés dans la santé du troupeau

Période hivernale (troupeau au bâtiment)



Troupeau au pâturage



Annexe 5 : Poster accepté aux 3R 2022

L'ordre de distribution des fourrages semble affecter l'aptitude fermentaire du lait

The order of forage distribution seems to affect the fermentability of the milk

Ceppatelli A. (1,2), Cremilleux M. (1), Gourdon B. (3), Martin B. (1) Michaud A. (1),

(1) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France.

(2) University of Padova, Department DAFNAE, Legnaro, Padova, Italy.

(3) Président de l'association « Eleveurs Autrement », Massif Central, France.

INTRODUCTION

Dans un contexte où les évènements climatiques extrêmes limitent les stocks de fourrages disponibles, certains éleveurs limitent la quantité de fourrages distribués pour l'adapter aux besoins stricts des animaux, tout en étant très vigilants sur l'ordre de distribution des fourrages (fourrage grossier avant le fourrage moins fibreux). L'effet de la restriction des fourrages aux stricts besoins des animaux, sur la composition du lait et les performances des animaux, a été étudié (Cremilleux et al. 2022). Cependant l'effet de l'ordre de distribution des fourrages sur la composition du lait reste à étudier. L'objectif de cette étude réalisée chez des éleveurs volontaires était d'analyser l'effet de l'ordre de distribution des fourrages sur la composition du lait (chimique et bactériologique) et l'aptitude fermentaire du lait mesurée par des tests de lactofermentation.

1. MATERIEL ET METHODES

L'étude a été menée à l'initiative d'agriculteurs sur 4 fermes commerciales en Auvergne. L'expérimentation s'est déroulée sur 25 jours avec trois périodes :

- Une première période (4 au 16 janvier) de mesures où l'alimentation consistait à distribuer un fourrage grossier avant le reste de la ration (Période 1 : « grossier-fin ») ;
- Une deuxième période (17 au 21 janvier) où l'ordre des fourrages de la ration n'est pas maintenu (Période 2 « fin-grossier ») ;
- Une dernière période (21 au 28 janvier) où le fourrage grossier était à nouveau distribué en tête de ration (Période 3 : « grossier-fin »).

Durant l'expérimentation, des échantillons de lait de tank ont été collectés 4 fois par semaine pour effectuer des analyses de composition chimique (TB, TP, urée, lactose, caséine, acides gras) par analyses en infrarouge et de microbiologie (germes, coliformes, E. coli et flore mésophile lactique) par épifluorescence (Agrolab's Aurillac, France). L'aptitude fermentaire du lait a été mesurée sur ces mêmes échantillons par une analyse de lactofermentation. Deux échantillons de lait ont été placés au bain marie (35°C) durant 24h et ont ensuite classés en 5 catégories (gélifié, floconneux, liquide, digéré, caséux) (Bérodier et al., 2011). Des mesures de pH ont été effectués avant et après le bain marie. En parallèle, deux échantillons de lait ont été laissés à température ambiante et des notations de l'aspect du caillé ont été effectuées deux semaines après le prélèvement selon la classification suivante (solide sans lactosérum, solide avec lactosérum, liquide, effrité). Des analyses statistiques de type Khi2 (R, 2018) et analyses de variance (modèle mixte) ont été effectuées sur les données (SAS version 3.8).

2. RESULTATS

2.1 COMPOSITION DU LAIT

Pour les différents paramètres de la composition du lait aucune différence significative entre les périodes 1, 2 et 3 n'a été observée à l'exception des cellules, dont la numérisation a été plus élevée en période 3, comparativement aux périodes 1 et 2 (5,45 vs 5,33, pvalue = 0,016).

2.2 LACTOFERMENTATION

L'aptitude fermentaire du lait mesurée par lactofermentation a été significativement différente entre les périodes 1, 2 et 3 ($p < 0.001$) (Tableau 1).

La période 1 est composée essentiellement de caillés gélifiés (75%), les autres étant liquides ou floconneux. La période 2 est marquée par plus de variations avec l'apparition de caillés digérés (28%), plus particulièrement dans 2 des 4 fermes. En période 3, les échantillons sont, comme lors de la période 1, essentiellement gélifiés (90%) et aucun caillé digéré n'est observé.

Période	Gélifié	Liquide	Floconneux	Digéré
1- grossier-fin	24	4	4	0
2- fin-grossier	15	5	1	9

3-grossier-fin	31	1	6	0
----------------	----	---	---	---

Tableau 1 - Aspect des caillés obtenus à 35°C selon la période (nombre de caillés)

2.3 CAILLE DU LAIT

Tout comme pour les tests de lactofermentation, un effet important de la période sur les caillés obtenus a été mis en évidence ($p < 0.001$) (Tableau 2). Pendant la période 1 la totalité des caillés a été notée « solide sans lactosérum ». La période 2 a été marquée par l'apparition d'alternance entre caillés « solide sans lactosérum » (47%) et caillés « liquides » (41%). La période 3 est également marquée par une variabilité des caillés entre « solide sans lactosérum » (41%) et caillés « liquides » (47%).

Période	Solide sans lactosérum	Solide avec lactosérum	Liquide
1- grossier-fin	24	0	0
2- fin-grossier	10	0	7
3-grossier-fin	7	2	8

Tableau 2 - Aspect des caillés obtenus à température ambiante selon la période (nombre de caillés)

3. DISCUSSION

Les résultats obtenus au cours de cette expérimentation effectuée sur un faible nombre de fermes et durant un temps très court indiquent qu'une simple modification de l'ordre de distribution des fourrages, sachant que chaque ferme travaille avec des fourrages différents, a peu d'effets sur la composition chimique du lait mais qu'elle semble affecter son aptitude fermentaire. Les éléments de l'étude ne permettent pas d'interpréter plus avant les résultats qui méritent d'être approfondis à l'avenir notamment en caractérisant plus finement la composition chimique et microbiologique des laits.

CONCLUSIONS

Les tests de lactofermentation et caillés réalisés au cours de cette étude sont des indicateurs simples utilisés par certains éleveurs fromagers pour caractériser l'aptitude fermentaire du lait. Ces premières observations montrent que ces indicateurs semblent également fournir des indications sur l'alimentation des animaux et qu'il serait intéressant de poursuivre les recherches sur leurs facteurs de variation.

Nous remercions les agriculteurs qui ont accepté de réaliser cette expérimentation.

Références

Berodier, A., Parguel, P., et al. 2001... Comité Technique du Comté Poligny. 90p
Cremilleux, M., Coppa, M., et al. 2022 en révision Animal

Annexe 6 : Protocole des éleveurs pour mesurer la santé des prairies

Protocole lecture des sols par Eleveurs autrement

Une approche holistique du vivant



Comme à l'accoutumé de ses méthodologies de traduction du vivant, Eleveurs autrement développe des outils étant sensés en premier lieu, être pratiques pour les paysans(ne)s dans leur quotidien. Ceci que ce soit dans la mise en place des observations, comme dans l'efficacité des conclusions qui sont tirées des observations.

Objectifs de ces observations sur les fermes :

- Le sol observé est-il dans un état de vitalité* suffisant par rapport aux attentes des humains, des plantes, du sol. (*définition petit robert : Caractère de ce qui manifeste une santé, une activité remarquable. Renvoie aux notions de tonus, vigueur, dynamisme,...)
- Quels moyens devra t'on mettre en œuvre pour faire avancer ou stabiliser le sol vers des formes de vitalité suffisantes pour les humains, les plantes, les sols, et animaux ?

Les outils les plus répandus dans l'apprentissage agronomique des sols sont les profils pédologique et cultural (peu utilisés en réalité) et l'analyse de sol. Trop souvent, voir presque à chaque fois, lorsqu'on discute avec les paysan(ne)s, ceux-ci nous révèlent une très grande difficulté à exploiter par eux-mêmes les résultats obtenus par de tels outils, notamment l'analyse de sol. Les indicateurs fournis sont les teneurs en éléments nutritifs, la Capacité d'Echange Cationique (CEC), le rapport Carbone/Azote (C/N), le pourcentage de MO, le pH et le pH KCl,... et la seule conséquence qu'on obtiendra dans les réactions d'humains, seront des apports du ou des éléments semblant manquer dans le sol. Du calcium si pH bas, de l'azote si reliquat faibles,...

Ici dans cette première approche, l'idée est donc d'arriver à ressortir les tendances globales de vitalité du sol observé, et les capacités à répondre à un stimulus. Ne pas passer par la connaissance de chiffres, n'est pas très habituel pour les humains. Pourtant une fois que les reflexes de fonctionnement de pensées sont dépassés, cette méthode permet de faire ressortir les mêmes tendances simplement avec nos sens, et de faire coller ce que nous montre le sol aux pratiques humaines et à leur historique. Au-delà de décider de stratégies court/moyen/long terme pour faire revenir ou maintenir le sol dans un état de vigueur jugé optimum ou suffisant selon les exigences de la ferme. **Cet outil est donc adapté aux sols prairiaux.**

Nous allons passer par différents indicateurs simples qui vont chacun leur tour, nous montrer si notre échantillon correspond à un sol qui a beaucoup de vitalité, ou qui va à l'inverse. Chaque indicateur ne peut rien affirmer à part, mais c'est la compilation de tous ces indicateurs qui va nous permettre de rentrer dans nos objectifs de traduction. Ces indicateurs ne sont pas exhaustifs et peuvent être complétés par d'autres pour rendre encore plus fiable cet outil. Dans notre expérimentation, nous avons quatre objectifs :

- Reconnaître pour chaque ferme des sols de pâture ou de fauche (qui peuvent être issus de prairies permanentes ou temporaires)
- Déterminer si on est sur une permanente ou une temporaire ou un entre deux.
- Ressortir des pratiques qui ont de fortes chances d'être réalisées par les humains sur les parcelles des sols observés.
- Définir des travaux potentiels pour amener le sol observé, à mieux répondre aux besoins des humains, des plantes, du sol, des animaux.

La variabilité des sols dans la nature étant gigantesque, nous feront avant tout des comparaisons entre les sols de chaque ferme, pour s'assurer d'une meilleure fiabilité des observations, puis nous reviendrons aux indicateurs de la science pour faire apparaître des liens entre observations pratiques et résultats exprimés sur des analyses de sols, ceci sans avoir les analyses de sol à disposition.

OBSERVATION DU SOUS SOL

La couleur

La flottaison à laquelle on cumule les regards sur les racines, les agrégats

La friabilité de la motte prélevée

OBSERVATION AU DESSUS DU SOL

Attention, trop aléatoire avec les prélèvements au champ. Ces indicateurs permettent juste de consolider ou non les informations sorties de la première observation du sous sol.

Dimension des feuilles des plantes de graminées observées

Typologie de développement des graminées observées

Autres plantes traduisant d'une autre stratégie d'occupation de l'espace libre en surface

EXPLOITATION DES OBSERVATIONS

Estimation d'un état de vitalité

Estimation selon observations d'une texture, d'une structure légèrement revisitée, d'une CEC, d'un C/N, d'un pH et d'un pH KCL

Estimation d'actions qui pourraient permettre au sol d'aller vers un optimum de vie pour lui, les plantes, les hommes.

Estimation d'une temporalité permettant d'y parvenir.

Guide lecture détaillé :

Lecture du sol

- **Couleur** : sur une même ferme, très souvent les sols ont des tendances communes bien que des différences multiples et variées puissent s'exprimer. Pourtant, lorsqu'un humain travaille, il a souvent tendance à tout grouper pour se simplifier la tâche et gagner du temps. Très souvent, nous pourrions voir que les évolutions de MO vont dans le même sens. (*De façon à ne pas intégrer trop d'informations qui amènent des doutes et de la complexité, l'idée est de comparer les sols les uns aux autres sur la même ferme sur ce critère.*)



Il n'est pas question de dire ici qu'un sol clair n'est pas bon, ni l'inverse, mais de mettre en avant qu'un sol de prairie qui depuis plusieurs années, porte des plantes prairiales, est sensé être plus sombre qu'au départ. Au-delà, s'il n'y a pas de différence, de vérifier que potentiellement le paysan(ne) travaille son sol régulièrement et donc de fait, déclenche des digestions de MO importantes, d'autant plus sur sol sableux, puisque qu'il permet mieux à l'air de voyager entre les particules de terre, et donc la digestion de la MO brute, puis pseudo décomposée. Par contre il sera dans une grande difficulté à stocker les résidus issus de cette dégradation (les humus) et aura tendance à rester proche de la couleur de la matière minérale originelle. (*Dès ce premier exemple d'observation, nous sommes en mesure de vérifier qu'aucune observation prise à part, ne raconte quelque chose de fiable. Croiser ces données sera obligatoire pour s'assurer qu'on est au plus proche de la vérité.*)

- **La flottaison** : Très souvent les humains sur les fermes ont des modes de gestion très variables entre pâtures et fauches. Pourtant c'est un peu plus compliqué. Si les zones dites de fauches sont souvent plus simples à travailler, cela ne veut pas dire que les parcelles de pâture n'ont pas la possibilité d'avoir le même protocole d'entretien, d'autant plus si nous sommes sur des prairies vives et productives. Les zones de fauches selon les fermes ne sont pas non plus toutes plates et simple de travail. Cet indice de la flottaison est idéal pour voir l'évolution de la digestion de la MO et renseigne tout de suite sur tout un tas de critères techniques du sol concernant son comportement et sa capacité à maintenir des prairies productives et vives. (*Si on compile couleur sombre, flottaison 100% longue, et le critère plantes en coussins à feuilles fines, nous savons d'ors et déjà que la prairie a beaucoup plus de chances d'être de montagne, destinée à la pâture préférentiellement,... donc à activité lente, courte sur l'année, la journée et donc facteur d'accumulation de MO qui n'arrivent pas à être dégradée*)

L'indicateur flottaison consiste à faire sécher une épaisseur de bêche un mois durant à température ambiante, puis de plonger un prélèvement de terre de surface (fait au couteau dans la motte), dans de l'eau, pour regarder ce qu'il se passe.

- Soit il coule et la terre se désagrège rapidement. Nous sommes sur un sol travaillé régulièrement et qui n'a plus qu'une quantité très insuffisante de MO. Nous ne sommes probablement pas sur une prairie.

- Soit l'échantillon coule et se tient. Cela signifie que l'essentiel du volume est de la matière minérale dense. Ça traduit que le sol est très consommateur de MO. Il est soit sableux ou tirant vers les grosses particules minérales, soit souvent gratter plus ou moins profond avec des outils, soit les deux.

- Soit il flotte et reste longtemps à flotter. Ce qui nous montre que nous sommes en présence d'un volume de terre d'abord constitué de MO brute et à peine évoluée. La matière organique s'accumule beaucoup plus vite que ce qu'elle est consommée. Forcément, la provenance sera une zone ou conditions pédoclimatiques montreront des cycles de vie très courts sur l'année, la journée, **ET / OU** très souvent l'humain n'a pas d'appréciation claire sur l'accumulation de MO, lié pour le coup à son manque de pratiques de stimulations, pour aller vers une vraie vitalité.

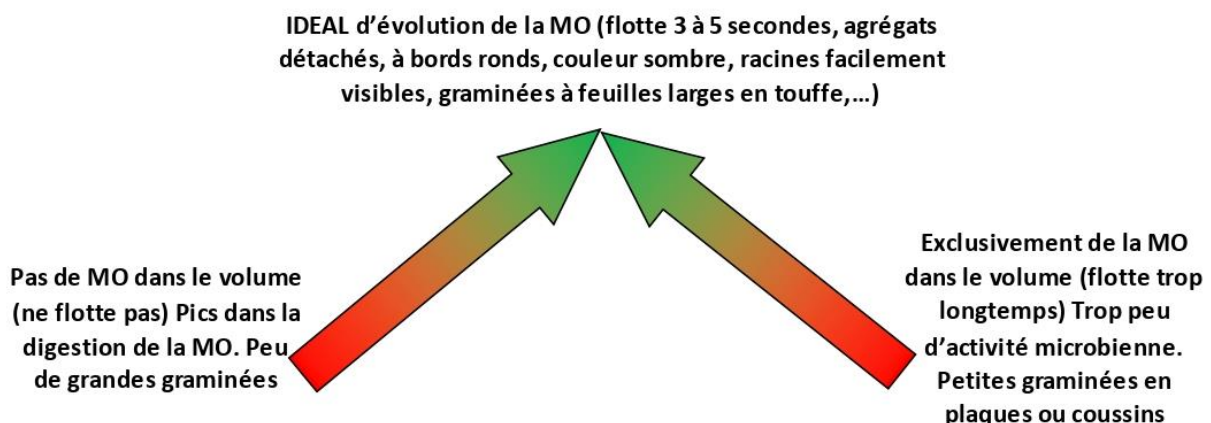
- Soit il commence par flotter puis coule ou moins longtemps après son immersion. (Attention est considéré ici qu'au-delà d'1 minute la quantité de MO est déjà immense) Pour rester simple : <10 secondes la MO évolue plutôt correctement, > à 30 secondes elle s'accumule beaucoup plus vite qu'elle n'est digérée.

- Soit l'échantillon est plus petit que prévu parce que seule la petite partie organique du dessus est restée agglomérée. Souvent un réseau superficiel et parfois horizontal de racines semble se dessiner. Le plus souvent nous serons sur une parcelle de pré abîmée par le surpâturage, les pattes, des outils, qui a vu les plantes d'intérêt mourir et laisser place aux rampantes. Elle peut également avoir été laissée en terre trop longtemps sans être reprise, ou ayant subi une tentative de semis d'herbe ou de céréales peu d'année avant. La terre sous ce matelas nous renseignera sur la cause : terreau ou se rapprochant, les plantes d'intérêt sont mortes, terre minérale les rampantes se sont réinstallées plus vite que les autres espèces, notamment celles que l'humain recherche pour faire de la quantité et de la valeur alimentaire.

L'appréciation du bon et du mauvais dans cette observation est peu évidente du fait que pour une fois ce n'est pas un regard qui amène à soit bon, soit mauvais comme résultat. Ce que nous obtenons est un regard sur l'activité biologique du sol mais aussi sur le travail de l'humain, sur le climat ou autres conditions pédologique de pousse. Croiser en plus ce regard à celui du comportement de la terre (agrégats, texture, ...) ainsi qu'aux plantes présentes en surface permettra de compléter notre idée de la situation globale de vie qui est proposée à la parcelle. Nous aurons en plus l'information sur le sens d'évolution nécessaire à mettre en place dans les pratiques pour plus de vitalité.

(Les échantillons pouvant être peu représentatifs de la parcelle, multiplier les échantillons peut alors être assez précis)

L'idéal pour notre sol dans cette observation sera donc une tendance à flotter très peu longtemps, soit quelques secondes, de montrer des graminées à feuilles larges et bien implantée, pas de matelas racinaire, des agrégats qui se détachent et qui présentent des bords ronds. Tous les autres comportements intermédiaires, entre « coule sans aucune particule qui flotte » et « flotte pendant de longues minutes », auront des indices traduisant leur évolution du moment et les réactions à mettre en œuvre pour repartir vers cet idéal.



- **La friabilité de la terre** : Elle correspond à la résistance de la terre sur le bas de la motte lorsqu'on exerce une pression avec nos doigts. 5 notes faciles à utiliser :

- Très facile à défaire : Les agrégats tombent tout seul (mais ce sont bien des agrégats et non de la poussière, qui tombent),
- Facile à défaire : chaque manipulation avec les doigts fait tomber aisément les agrégats qui se séparent très bien les uns des autres,
- Moyenne : La pression exercée par les doigts est obligatoire si on veut défaire la motte et fait tomber des agrégats, qui souvent perdent leur forme ronde,
- Difficile : soit la motte explose après forte pression et il est évident que la teneur en MO est faible, soit on a l'impression que la motte se déchire en partie. Le bruit fait par cette déchirure est aisément reconnaissable par le fait qu'une densité importante de racines se rompent. Les agrégats ne sont pas ou peu visibles. La MO est déjà très présente.
- Impossible : La motte est prise en masse et est légère. Aucun agrégat n'est visible et il est impossible de détacher le bas du prélèvement sans déchirer comme un tissu la motte.



Les agrégats de terre, dans leur aspect sont importants à évaluer puisqu'ils nous renseignent dans notre observation sur le vrai mix MO + Matière Minérale (MM) dans ses capacités et son historique. On a donc des indices supplémentaires pour trouver les pratiques humaines ayant amené le sol à cette séparation entre MO et MM plutôt qu'à leur « symbiose ». Ceci permettra au praticien, quand les expériences auront été répétées à maintes reprises, de comprendre ce qui motive réellement l'humain quand il travaille pour qu'une prairie s'exprime. Ce ne seront peut-être pas comme on l'imagine souvent, quantité et valeur, même si cela nous est donné comme raison. Pour être bien certain que nous voyons la même chose quand nous parlons d'agrégats, deux types d'entre eux sont exposés sur la photo ci-dessous. Les sombres sont des agrégats parfaits, à bords ronds, qui quand on les casse, sont constitués d'une multitude d'agrégats absolument identiques mais plus petits, et avec les mêmes propriétés. Qui si je les presse ensemble, retrouvent une cohésion entre eux même après une longue période de séchage. La terre est souvent douce hors mis lorsque la base granulométrique est sableuse ou équivalente. Les agrégats clairs, issus d'un champ cultivé, montre des contours à arête agressives et sont très durs. Ils font mal à la main quand on casse la motte et ne se recolle pas après séchage et compression, même si le sol est argileux. Ces agrégats sont typiques des



parcelles travaillées souvent et où la MO est très sollicitée dans sa consommation par pics fermentaires. Ces formes sont donc plus caractéristiques de prairies très récentes qui suivent des cultures ou qui sont trop souvent réinstallée par le paysan. Si beaucoup des sols de la ferme sont ainsi, on sait déjà que dans la ferme où se retrouvent ces sols, les humains dépensent probablement sans compter pour arriver à sortir les quantités d'herbes qu'ils recherchent.

- **L'élasticité de la terre** : Elle correspond à la capacité de la terre à reprendre sa forme d'origine après pression avec les doigts. Il n'est pas question de faire un boudin comme à l'école, mais d'obtenir une réagglomération des agrégats en pressant l'échantillon. Ceci nous renseigne sur un état de vitalité du sol : vie biologique, capacités à répondre aux attentes techniques de l'humain, filtration et aération naturelle, captation des nutriments et de l'eau, réponses rapides et puissantes aux stimulations, capacité d'enracinement en profondeur, moins d'espèces végétales invasives et pénalisantes. L'élasticité d'un sol lui confère une résistance au tassement et à la compaction. Lorsque la MO est en excès et s'accumule, devient du terreau, le sol arrive à des comportements d'élasticité énorme. *(Ce critère est essentiel à maîtriser dans nos observations et va nous amener à reconsidérer ce qu'on nous a appris, en un concept semblant au départ plus compliqué, mais absolument vrai et vérifiable : tasser ne veut pas dire compacter et certains sols sont donc incompactables. A delà, nous pourrons voir que les graminées et autres plantes cultivées adore être fortement rattachées au sol pour germer et lever vite, puis pour fabriquer de la fibre.).*



Lecture des plantes

Cette lecture tient essentiellement compte de la morphologie des graminées et de leur comportement d'occupation de l'espace. D'autres plantes trouveront leur importance dans leur stratégie d'occupation de l'espace. Ce seront les pionnières de trous dans les prairies sur des terrains très vifs dans leurs réactions du fait d'apports, de passage d'animaux, ... Ce seront également toutes les plantes acrotones qui par leur racines décompactent et donc ramène air et lumière au sol, les plantes qui piquent et s'étendent là où sont présent trop souvent des animaux ou des engins, ou encore les plantes de bord de rivières. (Il est bien de connaître quelques espèces dans cet exercice de chaque grande famille de plantes ou d'avoir une flore).

Concernant les graminées, les trois grands types simples pour un éleveur, une éleveuse à appréhender :

- Les graminées en touffes : font des talles et donc s'étalent au sol pour créer leur espace de vie. Les touffes peuvent présenter pleins de dimension différentes. C'est l'aspect et le geste qui est derrière cette forme morphologique qui est important. Dans ces circonstance de la terre se retrouve entre les plantes, le sol sera très vif en comparaison aux suivants ; le sol riche en agrégats.



- Les graminées en plaques : Elles occupent l'espace en rampant au dessus ou en dessous de la surface. Elles s'installent d'abord là où l'humain demande beaucoup ou trop aux premières graminées en touffes. Ces dernières sont mortes et laissent la place aux rampantes. Nous auront donc soit un matelas de racines en surface avec une scission clair entre partie pleine de racines et la terre en dessous. Comme une couverture végétale posée sur le sol et mal enracinée. Dans des zones très compliquées climatiquement (donc à cycle courts), ce matelas repose sur un socle beaucoup moins minéral mais riche en MO. Nous auront alors une motte cousue quand le réseau de racines se sera épaissi et densifié.

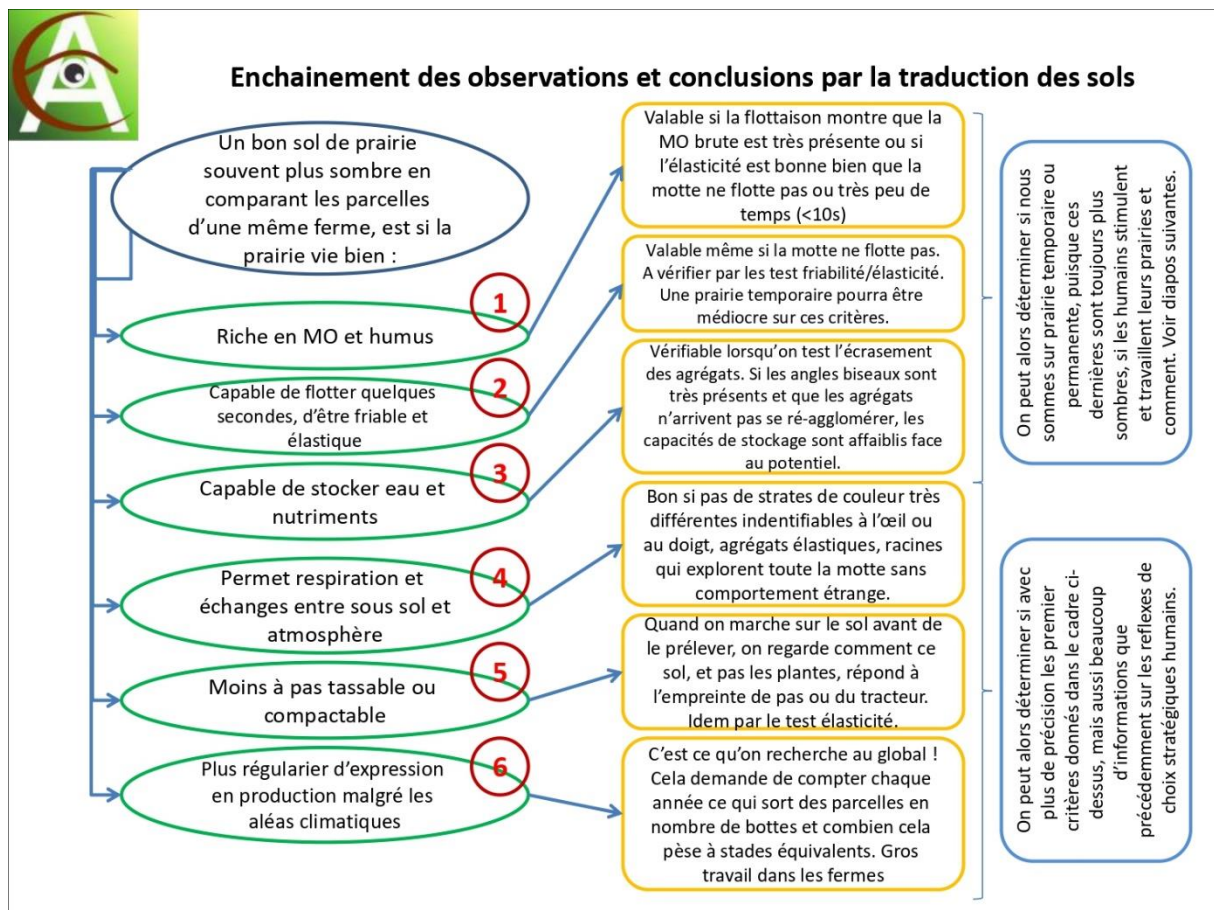


- Les graminées en coussins : Ces graminées ressemblent à des touffes, mais s'identifient grâce à plusieurs indices faciles à percevoir. Elles sont à feuilles fines, étroites, courtes, et créent un sol très souvent très élastique, puisqu'elles créent leurs coussins et l'épaississent d'année en année. Le plus souvent elles seront donc implantées dans une forme de terreau très dense et qui se déchire si je souhaite appréhender les agrégats du sol. Elles sont caractéristiques de sols qui s'endorment ou qui manquent de vitalité pour digérer la MO. Aucun agrégat terreux n'est visible.



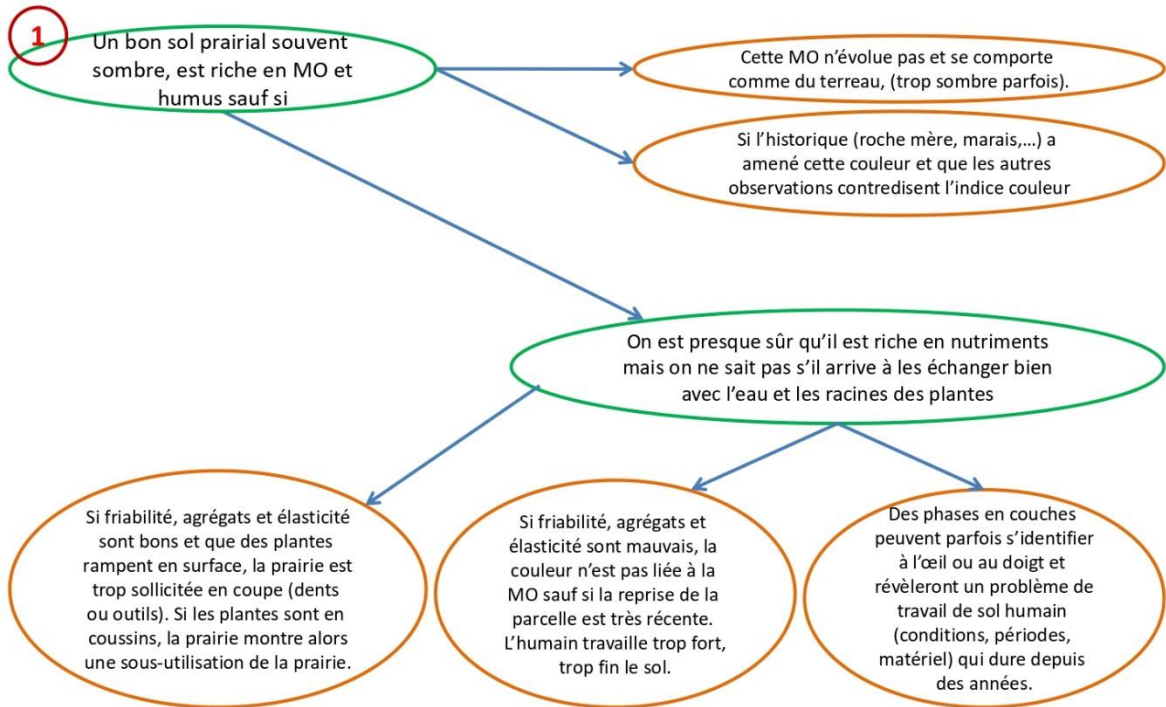
Il est évident que les parcelles de fauches tendront plus vers les plantes à touffes que vers les plantes à coussins en règle générale. Par contre si nous comparons les différents sols de la ferme et que tous les échantillons nous renvoient à ces formes en coussins, la ferme que nous observerons, sera située dans des conditions de climat facilitant leur implantation et leur conservation. Pourtant, comme pour chacun des indicateurs visités, cette part d'incertitude nous amènera l'obligation de croiser les indices, pour s'assurer d'être au plus prêt du réel de la ferme.

Concernant les autres plantes d'intérêt pour l'enquête, nous garderons pour ce travail, des typologies pouvant être perçues comme trop généralistes, mais il est trop compliqué pour le plus grand nombre des agriculteurs et agricultrices d'être performants dans le temps en reconnaissances botanique. Trois grandes catégories permettent une lecture limitant beaucoup les erreurs : les pionnières (mourrons, capselles, bromes,...) sur parcelles vives, les racines perforantes (astéracées et brassicacées acrotones, ou légumineuses essentiellement), les autres plantes (qui demandent pour le coup, de vraies compétences botaniques). Ces deux typologies correspondent à des stades intermédiaires en prairies vivants ou des graminées en touffes meurent et où celles qui rampent progressent.



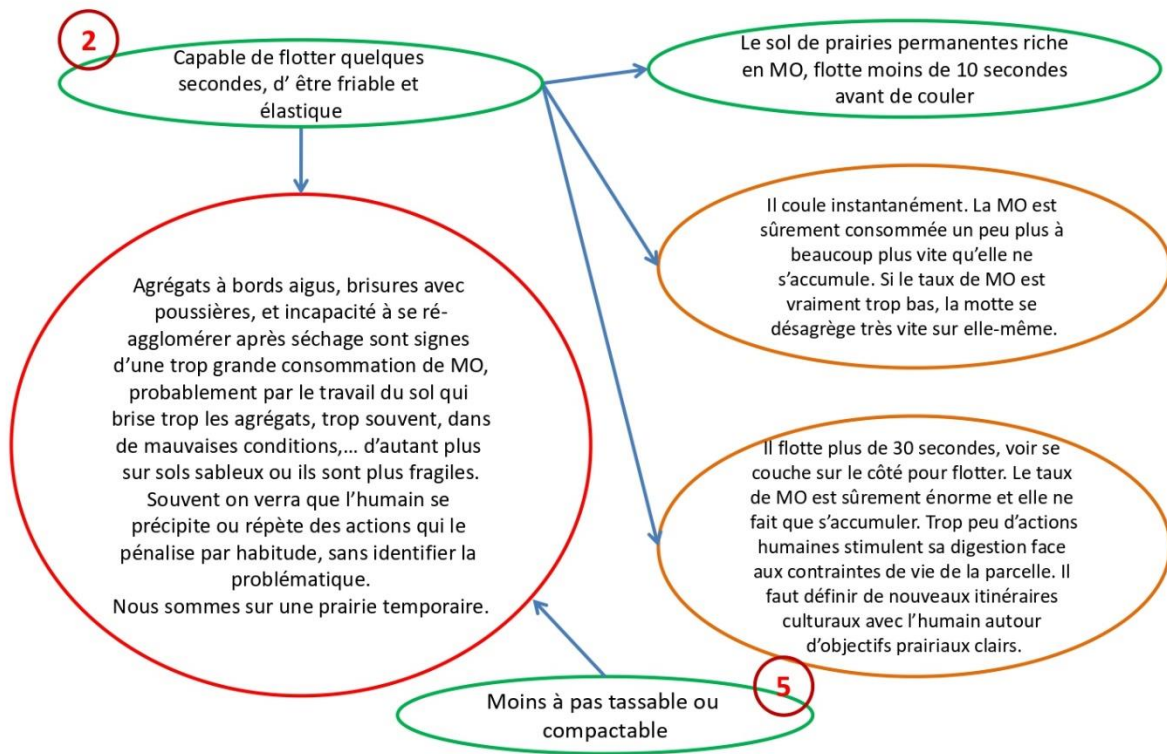


Enchaînement des observations et conclusions par la traduction des sols



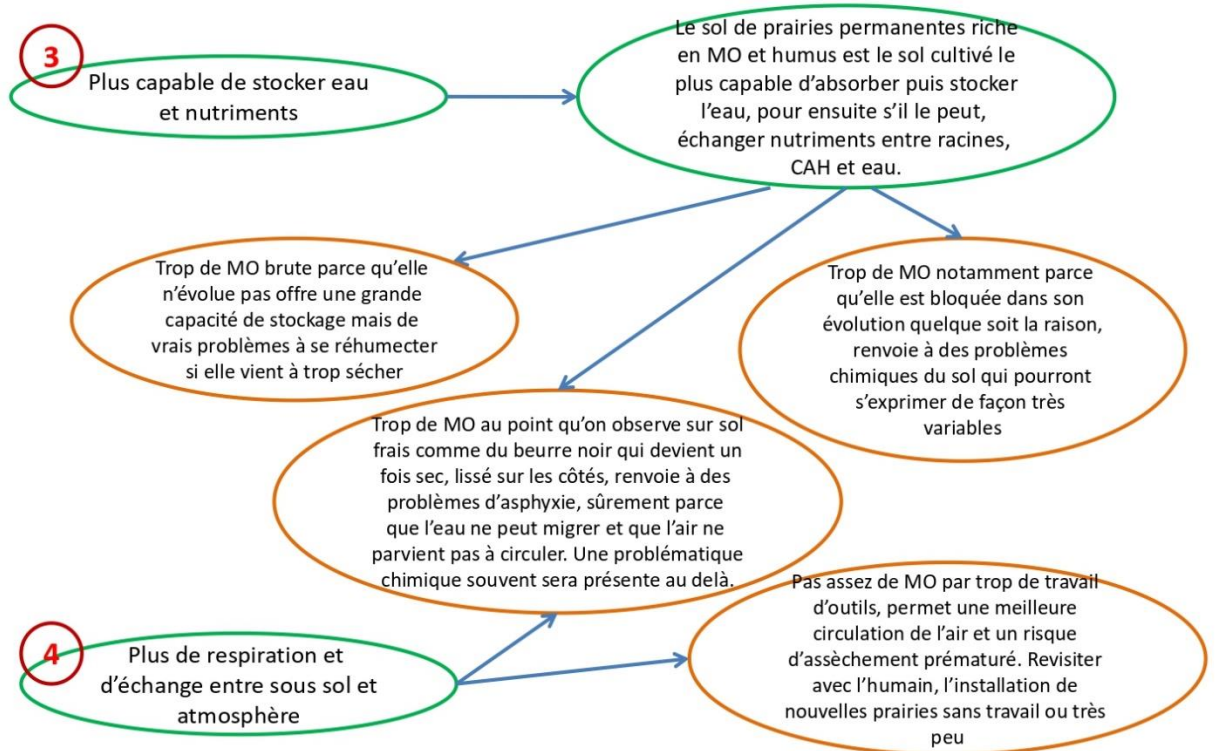


Enchaînement des observations et conclusions par la traduction des sols





Enchaînement des observations et conclusions par la traduction des sols





Enchaînement des observations et conclusions par la traduction des sols

6

Régulier dans l'expression en production malgré les aléas climatiques

Ce point d'analyse n'a pas pu se faire par le protocole choisi dans le suivi des 18 fermes, puisque l'organisation de travail ne permettait pas de dégager suffisamment de temps sur chaque site, au regard des multiples travaux déjà à réaliser.

C'est là que le traducteur doit lancer ses hypothèses post observations des échantillons à l'humain par la discussion. C'est lui qui cultive et connaît ses prairies dans leurs réponses, parfois leur historique. C'est là que nous pourrions affiner notre schéma mental des actions engendrant ou participant aux conséquences observées. C'est là que nous allons comprendre le schéma directeur du déséquilibre des sols de la ferme que nous observons, et que nous pourrions comprendre dans chaque cas les nuances d'expression. C'est là également que nous verrons que les choix humains sont très souvent responsables d'une bonne part du déséquilibre observé.

Annexe 7 : Résultats de la santé des troupeaux selon le protocole Welfare Quality®

Résultats pour la période 1 (hiver 2020-2021)

Criterion	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	
	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	
Absence of prolonged hunger	65.72	24.73	100	100	100	100	100	59.09	100	54.26	100	
Absence of prolonged thirst	100	60	60	60	40	60	60	100	100	60	100	
Comfort around resting	47.75	51,36	80,24	44.47	72.62	66.27	72.62	66.27	100	80.24	100	
Ease of movement	100	100	34	60	100	100	100	100	100	34	100	
Absence of injuries	62.7	88.25	85.84	62.1	86.02	71.55	57.06	54.32	96.79	72.78	92.42	
Absence of diseases	56,62	9,96	56.62	30,22	36,65	64,6	40.39	44,79	64,6	74.31	50.11	
Absence of pain induced by management procedures	100	100	100	100	20	20	28	52	100	100	100	
Expression of social behaviours	99.43	100	95.88	94,25	94.25	84.52	98.24	97.16	98.55	80.93	68.98	
Expression of other behaviours	72.13	86.33	74.79	73.13	50.16	65.01	35.17	63.1	76.11	82.43	59.75	
Good human-animal relationship	71.53	61,78	80.47	97.63	93.26	47.18	56.43	63.96	48.51	93.5	86.57	
Positive emotional state	38,61	39,11	46,45	38,5	73.92	17,17	92.82	70.56	54.64	85.43	47.9	
Principle												
Good feeding	74.97	34.25	64.8	64,8	47.2	64.8	64,8	70.14	100	64,8	100	
Good housing	67.08	69,36	49,72	50,22	82.75	78.75	82.75	78.75	100	49,72	100	
Good health	62,93	31.72	65.47	42,8	32,42	39,5	35.04	46,77	72,74	76.49	61.25	
Appropriate behaviour	55,24	52.92	60,58	56,16	64.94	33,87	53.32	67.4	56.33	83.43	56.1	
Overall	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Excellent	Enhanced	Excellent

Résultats pour la période 3

(hiver 2021-2022)

Criterion	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	
	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	
Absence of prolonged hunger	100	49,3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Absence of prolonged thirst	100	60	60	60	40	60	100	100	100	60	100	
Comfort around resting	41,19	51,36	47,08	44,47	47,08	63,51	58,72	51,36	55,66	35,09	55,66	
Ease of movement	100	100	34	60	100	100	100	100	100	34	100	
Absence of injuries	55,24	88,78	94,29	78,86	100	84,75	95,13	60,78	96,98	91,84	75,32	
Absence of diseases	74,31	36,65	56,62	56,65	40,39	44,79	64,6	50,11	64,6	56,62	56,62	
Absence of pain induced by management procedures	100	100	100	100	20	20	28	52	100	100	100	
Expression of social behaviours	90,76	81,75	97,68	94,45	93,13	96,19	85,35	85,79	83,15	80,01	59,42	
Expression of other behaviours	72,13	91,45	74,79	73,13	50,16	65,01	79,09	63,1	76,11	82,43	59,75	
Good human-animal relationship	93,36	95,95	100	96,56	100	87,4	91,79	73,67	92,48	100	90,63	
Positive emotional state	53,09	63,11	73,88	47,01	74,52	29,58	67,26	38,09	75,21	74,63	71,8	
Principle	7											
Good feeding	100	52,19	64,8	64,8	47,2	64,8	100	100	100	64,8	100	
Good housing	62,95	69,36	38,45	50,22	66,66	77,01	73,99	69,36	72,07	34,37	72,07	
Good health	61,21	50,62	66,4	64,71	35,12	34,81	42,09	51,53	72,76	66,13	64,32	
Appropriate behaviour	63,13	72,93	77,29	60,79	65,89	48,03	73,76	51,07	77,56	79,36	65,09	
Overall	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Enhanced	Excellent	Enhanced	Enhanced

